

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2015

Jan Coufal

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra Elektroniky

Trojfázový spínaný výkonový zdroj
Three-phase Switching Power Source

2015

Jan Coufal

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Coufal**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2612T015 Elektronika
Téma: **Trojfázový spínaný výkonový zdroj**
Three-phase Switching Power Source

Zásady pro vypracování:

1. Popište základní vlastnosti trojfázového spínaného zdroje ASX345
2. Ověřte funkčnost a možnosti použití dodaného softvéru
3. Podle pokynů vedoucího práce realizujte základní měření a zpracujte je ve formě sylabu

Seznam doporučené odborné literatury:

Dle doporučení vedoucího diplomové práce

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Pavelek, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

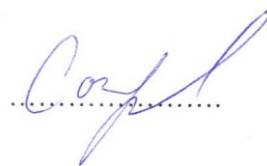
Poděkování

Děkuji vedoucímu práce Ing. Tomášovi Pavelkovi, Ph.D. za rady a připomínky k textové části práce. Rovněž bych mu chtěl poděkovat za asistenci při měření ve výkonové laboratoři.

Prohlášení studenta

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě, dne 7.5.2015



Abstrakt

V této diplomové práci byl zpracován výkonový střídavý zdroj od společnosti Pacific Power Source. První část diplomové práce je zaměřena na vlastnosti a schopnosti tohoto střídavého zdroje.

V další části je rozebrán software pro PC dodaný výrobcem. Hlavní důraz je věnován programu UPC Studio, který byl využíván při vybraných měřeních na výkonovém zdroji.

Poslední část diplomové práce zahrnuje vypracování sylabu z měření na 3-fázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení. Sylab byl zpracován ve formě laboratorní úlohy pro studenty.

Klíčová slova

345-ASX, Zdroj, UPC, Měření, Harmonická analýza, Usměrňovač

Abstract

In this thesis has been described and analyzed power AC source from company Pacific Power Source. The first part of this thesis focuses on the properties and abilities of this AC source.

In next part is described software for PC delivered by supplier. The main attention is dedicated to UPC studio program, which was used during chosen measurements on the power source.

The last part of thesis includes developing syllabus from measuring on 3-phase diode bridge rectifier. Syllabus was made in a form of practical exercise for students.

Keywords

345-ASX, Source, UPC, Measuring, Harmonic analysis, Rectifier

Seznam použitých symbolů a zkratek

Použité zkratky a pojmy

C	Kondenzátor
D	Dioda
GPIOB	General Purpose Interface Bus
L	Cívka
O	Osciloskop
PWM	Pulsně šířková modulace (Pulse Width Modulation)
R	Rezistor
RAM	Paměť s náhodným přístupem (Random Access Memory)
RS-232	Sériový port
UPC	Universal Programmable Controller
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Použité symboly a veličiny

$\cos\varphi$	[-]	Učinitel
f	[Hz]	Frekvence
I_{rms}	[A]	Efektivní hodnota proudu
I_{peak}	[A]	Špičková hodnota proudu
P	[W]	Činný výkon
S	[VA]	Zdánlivý výkon
THD	[%]	Celkové harmonické zkreslení
U_{rms}	[V]	Efektivní hodnota napětí
	[Bd]	Rychlost přenosu dat

Obsah

1	Popis zdroje 345-ASX.....	9
1.1	Blokové schéma zdroje 345-ASX.....	9
1.2	Vstupní napětí zdroje.....	9
1.3	Výstupní napětí zdroje.....	9
1.3.1	1 a 3 - fázový režim.....	9
1.3.2	2 - fázový režim.....	9
1.4	Výstupní proud zdroje.....	10
1.5	Přetížení zdroje.....	10
1.6	Ochrana proti přetížení.....	10
1.7	Výstupní frekvence.....	10
1.8	Výstupní charakteristiky zdroje.....	11
1.9	Připojení zátěže k výstupním svorkám zdroje.....	13
1.9.1	1-fázový výstup.....	13
1.9.2	2-fázový výstup.....	13
1.9.3	3-fázový výstup.....	14
1.10	Připojení výstupního transformátoru.....	14
1.11	Externí měřicí body „External sense“.....	15
1.12	Popis čelního panelu zdroje.....	16
2	Řídicí jednotka UPC-3.....	17
2.1	Nastavení jednotky.....	18
2.1.1	Nastavení frekvence.....	18
2.1.2	Nastavení výstupního napětí a fáze.....	19
2.1.3	Funkce CSC (Continuous Self Calibration).....	20
2.1.4	Nastavení tvarů signálů.....	20
2.1.5	Měření veličin.....	21
2.1.5.1	Měření napětí.....	21
2.1.5.2	Měření proudu.....	21
2.1.5.3	Měření činného a zdánlivého výkonu.....	21
2.1.6	Vzdálená komunikace UPC s PC.....	22
2.2	Práce s čelním panelem.....	24
2.2.1	Manuální režim.....	24
2.2.2	Editování programů.....	24
2.2.3	Programy s proměnnými parametry v čase.....	25
2.2.4	Setup.....	26
2.3	Software.....	27
2.3.1	UPC Interactive.....	27
2.3.2	UPC Manager.....	28
2.3.3	UPC Studio.....	29
2.3.3.1	Měřicí multimetr.....	31
2.3.3.2	Editor průběhů.....	31
2.3.3.3	Správce programů UPC.....	32
2.4	Ověření funkcí zdroje v prostředí UPC Studio.....	33
2.4.1	Vytvoření libovolného tvaru signálu.....	33

2.4.2	Vytvoření a spuštění programu s uloženými průběhy signálu	35
2.4.3	Program s časově proměnnými parametry	38
2.4.4	Použití výstupního transformátoru zdroje	41
3	Vybraná měření na zdroji.....	42
3.1	Ověření funkce CSC (Continuous self calibration).....	42
3.2	Měření na třífázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení s odporovou zátěží	46
3.3	Měření na třífázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení s odporovou induktivní zátěží	48
3.4	Měření na třífázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení s odporově- kapacitní zátěží.....	50
4	Závěr	52

Úvod

Společnost Pacific Power Source byla založena roku 1971. Od počátku svého vzniku se specializuje na výrobu lineárních (série AMX, G) a spínaných výkonových zdrojů řízených PWM (série ASX, ACX a MS). Zdroje v sérii ASX se vyrábějí ve výkonové řadě od 1,5 až do 12kVA.

Součástí objednávky u výkonových zdrojů řady ASX jsou i ovladače, které jsou umístěny na předním panelu zdroje. Jednotlivé modely ovladačů se liší svou složitostí dle počtu v nich obsažených funkcí. U měřeného výkonového je dodán ovladač UPC-3 zajišťující schopnost zdroje generovat jakýkoliv 1-3 – fázový signál. Zároveň umožňuje možnost měřit veškeré důležité parametry signálu, včetně harmonické analýzy. Pro usnadnění obsluhy zdroje s ovladačem také výrobce dodává software pro PC, kterým je přes sériovou linku možné zdroj ovládat.

Součástí objednávky může být také výstupní transformátor, který lze v případě potřeby zvýšení výstupního napětí zdroje k tomuto zdroji připojit. Součástí měřeného zdroje je přídavný výstupní transformátor, který převádí výstupní napětí v poměru 2,5:1. [6]

1 Popis zdroje 345-ASX

Výkonové zdroje řady ASX jsou schopny dodat vysoké výkony. Zdroj 345-ASX je model o výkonu až 4,5kVA a je schopen 1,2,3-fázového provozu. Z tohoto důvodu je také dodán s ovládací jednotkou typu UPC-3, která je schopna zdroj řídit tak, aby 3-fázový signál generoval. Podrobnější popis jednotky bude uveden v kapitole 2.

1.1 Blokové schéma zdroje 345-ASX

Na zadních deskách diplomové práce (příloha č.I) je přiložen výkres blokového schématu výkonového zdroje 345-ASX. Při pohledu na výkres si lze udělat základní představu o uspořádání a propojení jednotlivých bloků zdroje. Vstupní střídavé napětí je přes transformátor přivedeno do bloku, který ho usměrní na 20V stejnosměrných. Toto napětí je pak přivedeno do řídicí desky zdroje, která vytváří napětí požadované uživatelem. To je následně zesíleno výkonovými zesilovači a přivedeno na výstupní svorky buď přímo, nebo přes výstupní transformátor.

1.2 Vstupní napětí zdroje

Výkonový zdroj je navržen tak, aby ho bylo možné napájet většinou dostupných třífázových síťových napětí. Před prvotním připojením zdroje do sítě však musí být pomocí „jumperů“ nastaveno síťové napětí, ke kterému bude zdroj připojen. Což je zajištěno výrobcem a zdroj je již dodán s požadovaným nastavením. Vstupní napětí, na které je zdroj nastaven, je uvedeno na štítku zdroje.

Vstupní napětí zdroje VŠB-TUO je 230/400V $\pm 10\%$, 47/63Hz. [1]

1.3 Výstupní napětí zdroje

1.3.1 1 a 3 - fázový režim

Zdroj dokáže generovat fázové napětí v rozsahu 0-135V o maximálním výkonu 4,5kVA. Při použití výstupního transformátoru o převodním poměru 2,5:1 vzroste toto napětí na 375V. [1]

1.3.2 2 - fázový režim

Zdroj dokáže generovat sdružené napětí v rozsahu 0-270V o maximálním výkonu 3kVA. [1]

1.4 Výstupní proud zdroje

Tab.1: Maximální proudové zatížení zdroje [1]

1-fáze		2-fáze		3-fáze	
$I_{out, rms}$	$I_{out, peak}$	$I_{out, rms}$	$I_{out, peak}$	$I_{out, rms}$	$I_{out, peak}$
36A	100	12A	40A	16A	40A

1.5 Přetížení zdroje

Zdroje řady ASX jsou schopny dodat proud o 25% vyšší než je jmenovitá hodnota při teplotě $25^{\circ}C$. Zvýšená teplota v okolí zdroje spolu s nižším napájecím napětím zdroje a účinnkem v rozsahu 0,8-1 může způsobit přehřátí zdroje a jeho bezpečnostní vypnutí. [1]

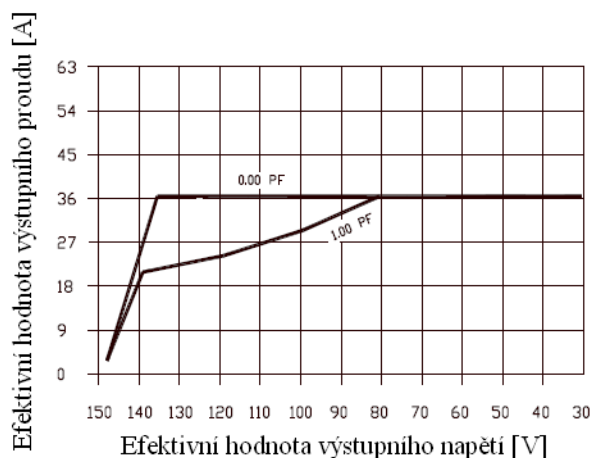
1.6 Ochrana proti přetížení

Zdroj je vybaven ochranou, která omezuje výstupní proud. Výstupní napětí zdroje se opět obnoví po poklesu proudu pod limitní hodnotu. Proudový limit je možno nastavit v jednotce UPC-3. V případě nastavení proudového limitu nad vyšší hodnotu než je hodnota jmenovitá může dojít k přehřátí zdroje. Ochrana proti přehřátí zdroje je zajištěna tak, že v jeho případě dojde k otevření výstupního stykače zdroje a rozsvícení LED diody na předním panelu signalizující „Shutdown“. Pokud k tomuto stavu dojde, musí se tato chyba odstranit manuálně. V prvním případě se musí počkat až se zdroj ochladí a poté se bezpečnostní spínač musí přepnout do polohy „OFF“. Popřípadě se chyba může odstranit pomocí zaslání příslušných příkazů UPC jednotce přes sériové rozhraní. [1]

1.7 Výstupní frekvence

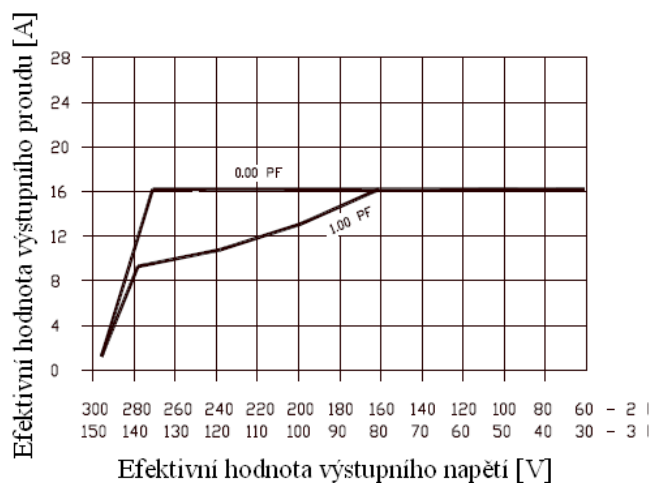
Zdroj je schopen generovat výstupní napětí o frekvenci 15-1200Hz. V případě připojení výstupního transformátoru je nutno vzít v úvahu specifické požadavky řízení frekvence napětí (viz. kap. 1.10). Frekvence výstupního napětí zdroje a mnoho dalších parametrů výstupního napětí je řízeno ovládací jednotkou UPC-3. [1]

1.8 Výstupní charakteristiky zdroje



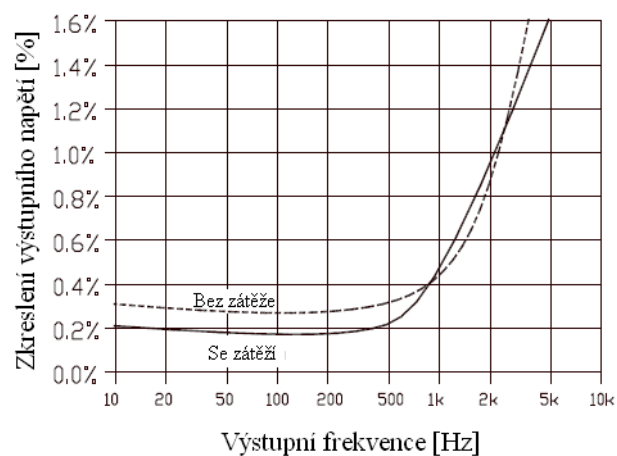
Obr.1: Výstupní charakteristika zdroje

Na obr.1 je znázorněna závislost proudu tekoucí zátěží v závislosti na účinníku a výstupním napětí zdroje při jednofázovém provozu zdroje bez použití výstupního transformátoru. Zdroj lze také krátkodobě přetěžovat proudy až 100A. Čím vyšší bude výstupní proud nad 36A, tím dříve se zdroj přehřeje, a dojde k jeho bezpečnostnímu vypnutí.

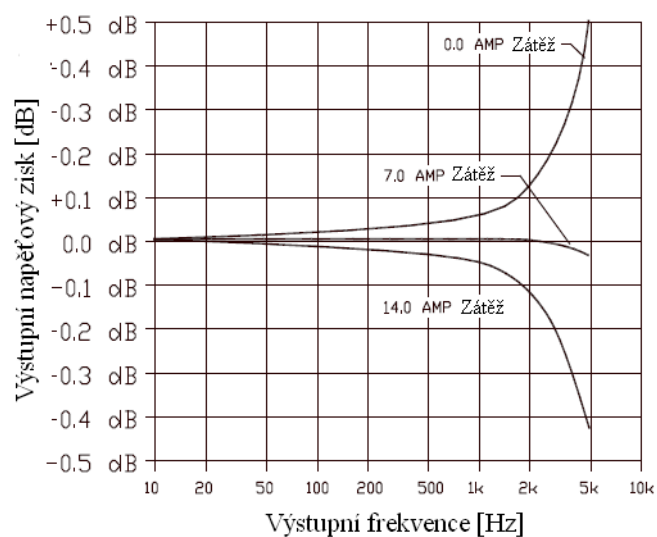


Obr.2: Výstupní charakteristika zdroje

Na obr.2 je znázorněna závislost proudu tekoucí zátěží v závislosti na účinníku a výstupním napětí zdroje při dvou a třífázovém provozu zdroje. Zdroj lze také krátkodobě přetěžovat proudy o velikosti až 40A. Pro přehřátí zdroje platí stejné pravidla jako při jednofázovém režimu.



Obr.3: Charakteristika výstupního zkreslení THD v závislosti na frekvenci



Obr.4: Výstupní napěťový zisk v závislosti na frekvenci

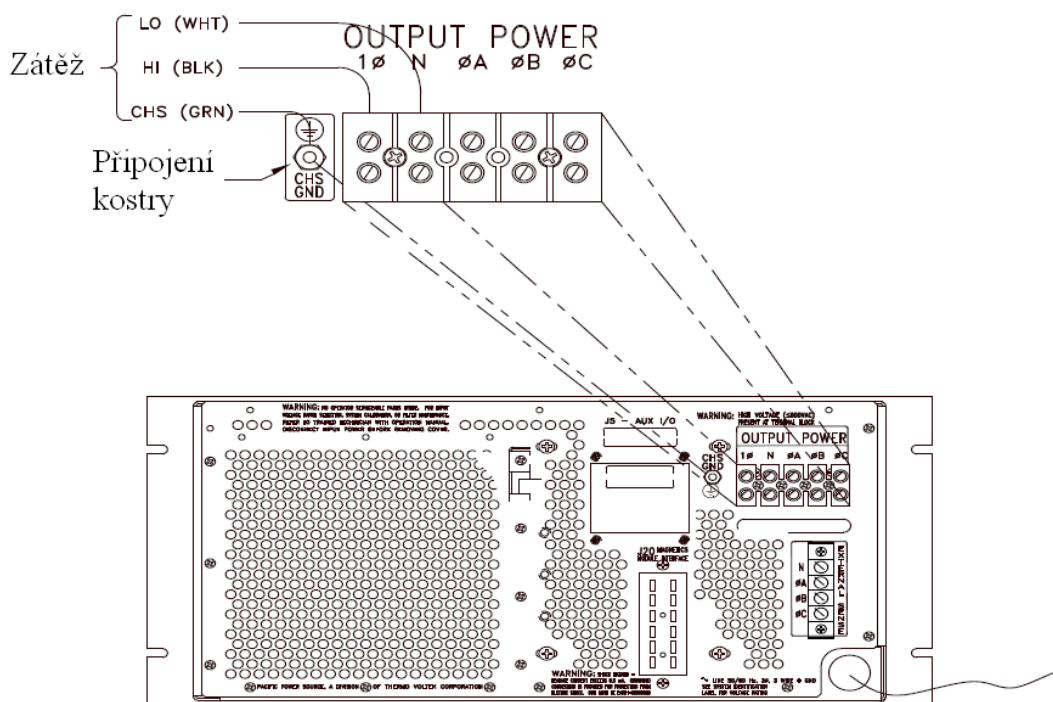
[1]

1.9 Připojení zátěže k výstupním svorkám zdroje

Výstupní svorky nachází na zadní straně zdroje a obtížně se s nimi manipuluje. Proto byla zkonstruována propojovací krabice, která tyto svorky pomocí kabelu vyvedla mimo zdroj. Tím se dosáhlo pohodlného připojování libovolného typu zátěže, aniž by se muselo se zdrojem jakýmkoliv způsobem manipulovat. Krabice je vyfocena a zobrazena v příloze č.III.

1.9.1 1-fázový výstup

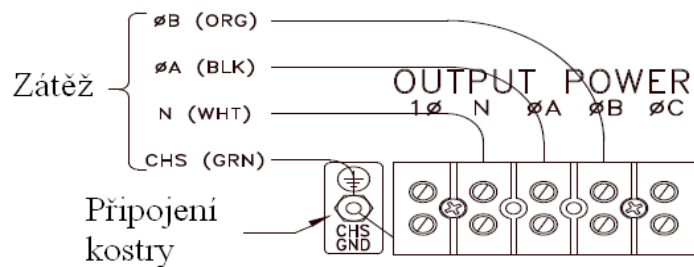
V tomto režimu je schopen zdroj generovat maximální fázové napětí o hodnotě 135V. Výstupní svorky jsou umístěny na zadní straně zdroje a popsány textem „OUTPUT POWER“ (viz obr.5). Na obrázku je dále vidět správné připojení jednofázové zátěže ke zdroji. [1] [7]



Obr.5: Připojení 1-fázové zátěže k výstupním svorkám zdroje

1.9.2 2-fázový výstup

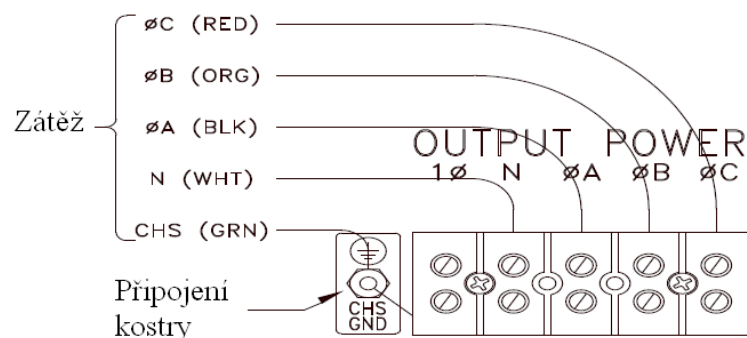
Operování v dvoufázovém režimu je definováno dvěma vektory napětí o stejné amplitudě a navzájem posunutě fází o 180 stupňů. Maximální sdružené napětí má hodnotu 270V, jak bylo uvedeno výše. [1] [7]



Obr.6: Připojení 2-fázové zátěže k výstupním svorkám zdroje

1.9.3 3-fázový výstup

Operování v trojfázovém režimu je definováno třemi vektory napětí o stejné amplitudě a navzájem posunuté fází o 120 stupňů. Maximální fázové napětí je 135V. [1] [7]



Obr.7: Připojení 3-fázové zátěže k výstupním svorkám zdroje

1.10 Připojení výstupního transformátoru

V případě potřeby vyššího výstupního napětí zdroje se k němu může připojit externí výstupní transformátor.

Všechny výstupní transformátory pro zdroje typu ASX jsou navrženy pro operace při frekvencích v rozmezí 45 až 5000Hz. V případě ustáleného sinusového napětí o efektivní hodnotě 125V na primární straně transformátoru je možné klesnout až na hodnotu 30Hz. Nedoporučuje se však snížit frekvence pod 30Hz, aniž by se zároveň snížilo výstupní napětí zdroje. Při frekvencích nižších než 30 Hz se dále musí dodržet dovolená strmost napětí V.s. Při nedodržení jakékoli výše zmíněné podmínky se dostane transformátor do saturace.

Příklad výpočtu dovolené strmosti napětí výstupního transformátoru při napětí $U_{rms}=125V$ a frekvenci $T=30Hz$

$$T_{30Hz} = \frac{1}{f} = \frac{1}{30} = 0,033s \quad (1)$$

$$T_{30Hz} \cdot U_{1rms} = 0,033s \cdot 125V = 4,125V \cdot s \quad (2)$$

Výpočet sníženého napětí pro frekvenci 20Hz

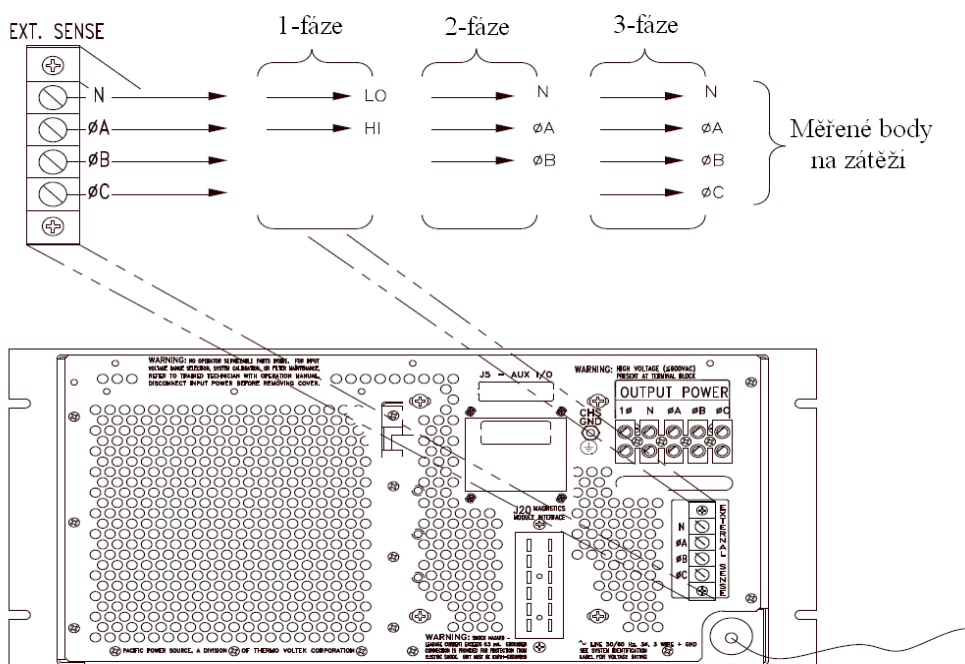
$$T_{20Hz} = \frac{1}{f} = \frac{1}{20} = 0,050s \quad (3)$$

$$U_{2rms} = \frac{T_{30Hz} \cdot U_{1rms}}{T_{20Hz}} = \frac{4,125V \cdot s}{0,050s} = 82,5V \quad (4)$$

Maximální přípustné napětí na primární straně výstupního transformátoru je tedy 82,5V. [1]

1.11 Externí měřicí body „External sense“

Zdroj ASX měří napětí na svých výstupních svorkách. Toto napětí ovšem nemusí být vždy shodné s požadovaným napětím na zátěži. Je zpravidla menší vlivem ztrát vznikajících ve vedení. Výše zmíněná funkce umožňuje měřit napětí přímo na zátěži propojením měřicích vývodů zdroje označených „EXTERNAL SENSE“ (viz obr.8) se zátěží. Zdroj pak na základě žádaného napětí na zátěži přizpůsobí napětí na svých výstupních svorkách. [1]



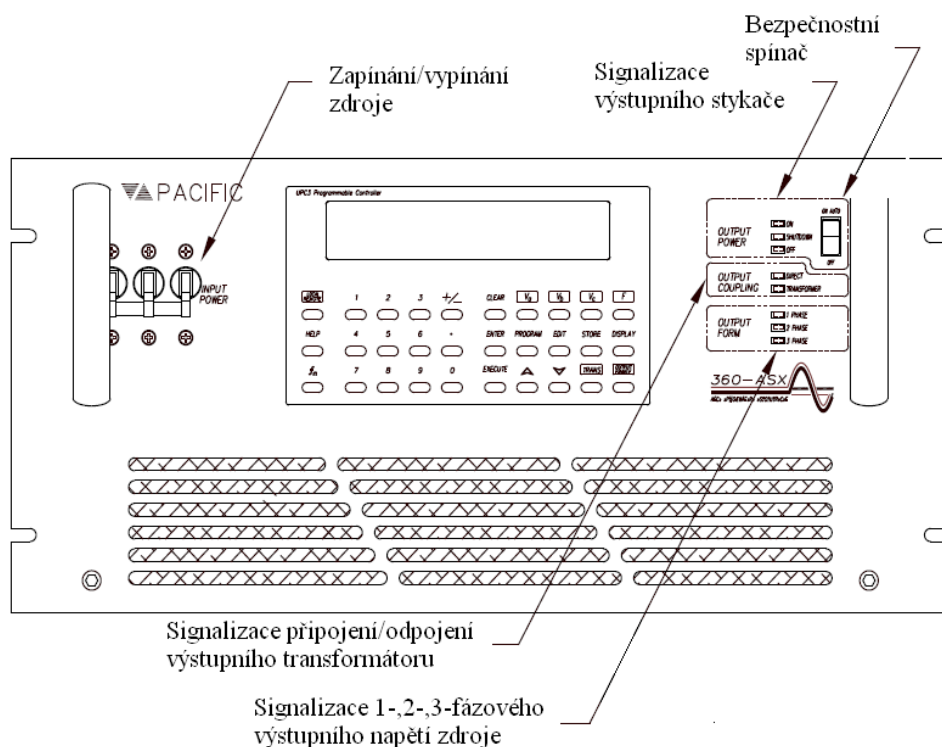
Obr.8: Připojení zátěže ke svorkám „EXTERNAL SENSE“

1.12 Popis čelního panelu zdroje

Čelní panely jsou v případě zdrojů řady ASX obdobné. Proto může být čelní panel popsán i na zdroji typu 360-ASX.

Mezi prvky čelního panelu patří:

- Zapínání/vypínání zdroje je realizováno jističem, který navíc slouží k ochraně zdroje před nadproudem ze sítě.
- Bezpečnostní spínač v poloze „OFF“ zabraňuje sepnutí výstupního stykače, a tím přivedení napětí na výstupní svorky zdroje. V poloze „ON AUTO“ je možno v případě potřeby tento stykač sepnout příslušným příkazem UPC jednotky.
- LED diody v sekci OUTPUT POWER zobrazují aktuální stav výstupního stykače.
- LED diody v sekci OUTPUT COUPLING zobrazují, zda je ke zdroji připojen výstupní transformátor.
- LED diody v sekci OUTPUT FORM zobrazují, kolik fází má výstupní napětí zdroje.
- Uprostřed čelního panelu je umístěna jednotka UPC-3. Stejný typ jednotky je zvolen i u našeho měřeného zdroje.



Obr.9: Pohled na čelní panel zdroje

[1]

2 Řídicí jednotka UPC-3

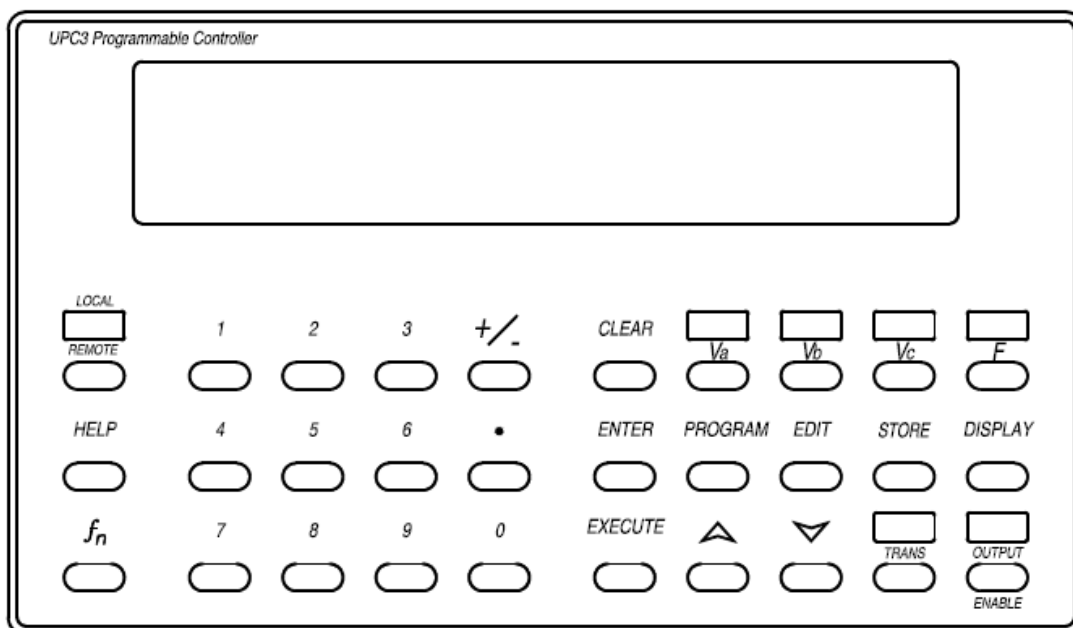
Jednotky UPC (Universal programmable controller) jsou univerzální programovatelné generátory napětí. Jsou navrženy a designovány pro libovolný výkonový zdroj Pacific Power Source. Jakýkoliv typ jednotky UPC se dá zaměnit s jiným UPC odlišného typu (liší se pouze programovatelnými funkcemi). Dále se dá jednotka UPC zaměnit s jednotkou jednoduššího typu UMP (Universal manual controller).

Jednotka může být napájena a umístěna přímo v napětovém zdroji (viz měřený zdroj) nebo může být umístěna kdekoli mimo zdroj s využitím jednotky SCU (System control unit). Ta jednotku UPC napájí a umožňuje jí vzdálenou komunikaci se zdrojem pomocí zvoleného rozhraní.

Laboratorní zdroj obsahuje jednotku typu UPC-3 jak bylo zmíněno výše. Číslo 3 značí, že je tato jednotka je schopna generovat na výstupu zdroje, na rozdíl od např. UPC-1, 3-fázové napětí.

Mezi základní vlastnosti jednotky UPC-3 patří:

- Možnost vytvoření 99 pracovních programů, které jsou uloženy v paměti RAM. Každý program může obsahovat neměnné nebo proměnné parametry signálu v čase.
- Generování 1-,2-,3-fázového napětí spolu s možností změny jeho velikosti napětí, frekvence, tvaru signálu a fáze signálu.
- Editování libovolného tvaru signálu a jeho uložení do paměti jednotky. V paměti je vyhrazeno místo pro 22 předdefinovaných tvarů signálu s tím, že signál 1 je sinus, a tento signál nemůže být měněn.
- LCD displej
- Možnost měřit parametry
 - Výstupní napětí(fázové, sdružené)
 - Výstupní proud(Efektivní hodnotu, špičkový proud)
 - Zdánlivý výkon, činný výkon a účinník
- Možnost volby externího měření napětí na zátěži a využití funkce CSC (Continuous self calibration).
- Schopnost provést harmonické analýzy
- Jednotku je možno ovládat buďto přímo pomocí tlačítek na ovládacím panelu, nebo pomocí dálkového ovládání počítačem přes sériové rozhraní RS-232.



Obr.10: Pohled na čelní panel jednotky UPC3

[2]

2.1 Nastavení jednotky

2.1.1 Nastavení frekvence

UPC umožňuje volit frekvence v rozsahu 15-1200Hz. Jemnost kroků výstupního signálu napětí je určena zvolením jednoho ze čtyř vnitřních frekvenčních rozsahů nastavitelného v jednotce UPC. Ty ovlivňují počet kroků napětí za jednu periodu ve výstupním signálu (viz tabulka 2). [2]

Tab.2: Frekvenční pásma jednotky UPC

Rozsah frekvence	Počet kroků v signálu	Počet vzorků k měření
15-150Hz	1024	512
15-300Hz	512	256
15-600Hz	256	128
15-1200Hz	128	64

2.1.2 Nastavení výstupního napětí a fáze

UPC nabízí jednoduchou možnost zvolit 1-,2-,3-fázový průběh napětí z předem zvoleného vytvořeného průběhu signálu. Velikosti efektivních hodnot napětí jednotlivých fází se dají nastavit samostatně.

V případě volby 3-fázového napětí se první fáze nastaví vždy do fáze 0° . Ostatní fáze mohou být nastaveny v rozsahu $0 - 359^\circ$.

Tab.3: Vliv nastaveného frekvenčního pásma jednotky UPC na přesnost fázových posunů:

Rozsah frekvence	Přesnost
15-150Hz	$\pm 0,5^\circ$
15-300Hz	$\pm 1^\circ$
15-600Hz	$\pm 2^\circ$
15-1200Hz	$\pm 3^\circ$

Dále je nutné u PC nastavit, zda je zátěž připojena s použitím výstupního transformátoru a zároveň jaký je jeho převodní poměr. Uživatel poté nemusí přepočítávat výstupní napětí vzhledem k převodnímu poměru transformátoru. Rozšířený napěťový rozsah zdroje si UPC jednotka vypočítá opět sama. [2]

Tab.4: Parametry nastavování s/bez výstupního transformátoru s převodním poměrem 2,5:1

	Napěťový rozsah	Rozlišení nastavení napětí	Převodní poměr
Přímé zapojení	0 až 150 V _{rms}	0,1V	1:1
Použití výstupního transformátoru	0 až 375 V _{rms}	0,5V	2,5:1

2.1.3 Funkce CSC (Continuous Self Calibration)

Funkce CSC využívá měření napětí přímo na zátěži, a tím optimalizuje výstupní napětí zdroje tak, aby napětí na zátěži odpovídalo nastavené referenční hodnotě v UPC. Zapnutí této funkce vyžaduje zvolení externího měření napětí (EXT sense) (viz příloha č.II) a její povolení (CSC enable).

Vlastnosti CSC jsou:

- Přesnost napětí v rozsahu $\pm 0,05\%$ k nastavenému referenčnímu napětí vztaženému k internímu voltmetru.
- Přepnutí mezi externím a interním voltmetrem je možné kdykoliv během měření.
- Funkce CSC nefunguje během časově proměnných průběhů napětí (viz kap 2.4.3).
- Funkce CSC funguje pouze v případě, že je napětí na zátěži v rozsahu $\pm 10\%$ nastaveného referenčního napětí. V opačném případě se CSC automaticky odpojí, dokud se napětí na zátěži nevrátí zpět do referenčních mezí.

[2]

2.1.4 Nastavení tvarů signálů

Paměť RAM obsahuje místo pro 22 druhů průběhů signálu. Každý signál v rozmezí 2-22 může být libovolně editován a uložen do paměti. Každý typ signálu se může použít také v časově proměnných „Transient“ průbězích. Prvotní nastavení průběhů UPC, do kterého se může UPC dostat také resetováním paměti RAM, je následující:

Tab.5: Seznam průběhů signálu při prvotním spuštění UPC

Číslo signálu	Tvar signálu
1	Sinus(Neměnná)
2	Trojúhelník
3	Obdélník
4	Pulzní průběh
5-22	Sinus

Podrobnější charakteristiky těchto průběhů a jejich editaci lze zobrazit a provést pomocí programu UPC Studio (viz. kapitola 2.4.1).

2.1.5 Měření veličin

2.1.5.1 Měření napětí

Pro každou fázi výstupního napětí obsahuje zdroj jeden voltmetr. Ten je schopen měřit jak fázové, tak sdružené napětí.

Napěťový rozsah voltmetru je pro fázové napětí $354V_{rms}$. Z toho vyplývá, že pro sdružené napětí je jeho rozsah $708 V_{rms}$.

Při zobrazení napětí displejem UPC je rozlišení zobrazeného napětí 0,1V. V případě vzdáleného ovládání zdroje je možno zobrazit měřené napětí v rozsahu 3 desetinných míst.

Převodní poměr voltmetru je 50:1. To znamená, že v případě měření 50V na zátěži je na vstup UPC jednotky přiveden 1V. Jednotka pak zobrazí napětí o hodnotě 50V. [2]

2.1.5.2 Měření proudu

Zdroj obsahuje jeden ampérmetr pro každou fázi. UPC jednotka pak může zobrazit buďto špičkovou nebo efektivní hodnotu proudu.

Rozlišení displeje UPC je v případě měření proudu 0,01A. V případě vzdáleného ovládání zdroje je rozlišení opět zvýšeno na 3 desetinná místa.

Ampérmetr dále zobrazuje poměr špičkové hodnoty proudu k efektivní hodnotě proudu „Crest factor“.

$$= \frac{I_{peak}}{I_{rms}} \quad (5)$$

[2]

2.1.5.3 Měření činného a zdánlivého výkonu

Pro zobrazení těchto veličin využívá jednotka UPC momentálně naměřených hodnot z ampérmetru a voltmetru.

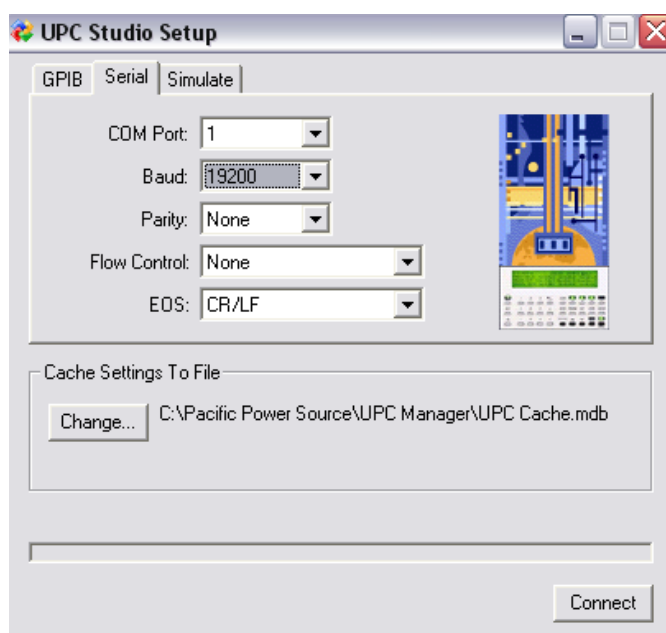
Zobrazovaná hodnota pomocí UPC má rozlišení a rozsah ve tvaru XXX.XXXkVA(kW). V případě vzdáleného ovládání zdroje je rozlišení měřeného výkonu určeno také s přesností na 3 desetinná místa. Zdroj na základě těchto veličin určuje také účinník. [2]

2.1.6 Vzdálená komunikace UPC s PC

Jednotku UPC je možné ovládat nejen manuálně pomocí tlačítek na jejím panelu, ale také vzdáleně pomocí sériového rozhraní nebo GPIB. Konkrétně náš zdroj je vybaven konektorem pro komunikaci sériovou.

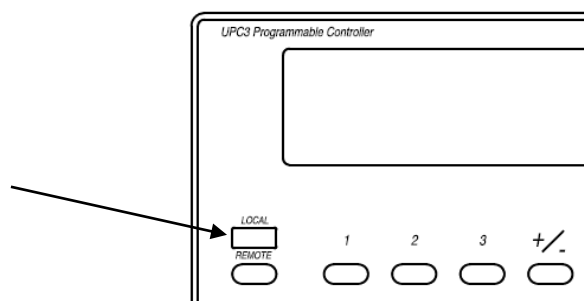
Pro správnou funkčnost komunikace je nutno zabezpečit shodné nastavení parametrů sériového přenosu jak v UPC jednotce, tak v PC.

- Nastavení rychlosti přenosu [Bd] z nabídky:
 - 38400 Bd
 - 19200Bd
 - 9600Bd
 - 4800Bd
 - 2400Bd
 - 1200Bd
 - 300Bd
- Nastavení parity (EDD, EVEN, NONE)
- Nastavení konce stringu EOS (CR, LF, CR/LF)
- Nastavení řízení toku dat (handshaking)– tento parametr se nastavuje vždy na None



Obr.11: Příklad nastavení komunikace v programu UPC Studio

Po úspěšném připojení UPC jednotky k PC jednotka přejde do režimu Remote (signalizace rozsvícením červené LED diody (viz obr.12). Zároveň dojde k uzamčení veškerých tlačítek a UPC jednotka je plně ovládaná nadřazeným PC.



Obr.12: Přechod jednotky UPC do režimu „Remote“

Součástí dodávky zdroje jsou kromě CD s manuály také CD se softwarem určeným pro ovládání zdroje. O tomto softwaru pojednává kapitola 2.3. [2]

2.2 Práce s čelním panelem

Nehledě na to, zda je jednotka ovládána vzdáleně nebo z čelního panelu, vždy pracuje v jednom ze 4 režimů, a to:

- Manuální režim
- Editování programů
- Selekce programu
- Setup

2.2.1 Manuální režim

Tento režim zahrnuje zasahování do aktuálního nastavení výstupního signálu. Mohou být měněny pouze parametry napětí a frekvence. Při tomto režimu mohou být na displeji zobrazeny pouze 3 základní měřicí multimetry, mezi kterými si uživatel volí:

- V/I METER – obrazuje měřené efektivní hodnoty fázového napětí a proudu. Dále, zda pro měření napětí na zátěži využíváme interní nebo externí měřicí bod(viz kapitola CSC). A nakonec frekvenci. V/I METER je domovské zobrazení jednotky UPC (po několikanásobném zmáčknutí tlačítka „Clear“ se uživatel dostane vždy na jeho zobrazení).
- POWER METER – tento multimetr zobrazuje činný, zdánlivý výkon a účinník.
- AMPS METER – tento multimetr zobrazuje efektivní fázový proud, špičkový proud a „CREST FACTOR“.

2.2.2 Editování programů

Editace programů umožňuje uživateli vytvořit si libovolný operační program zdroje. Programy vytvořené uživatelem je možno uložit do paměti RAM, která obsahuje prostor pro uložení 99 programů. Uživatel si pak může kterýkoliv uložený program spustit, aniž by musel znovu nastavovat požadované parametry signálu zdroje.

Při tvorbě programu se mohou nastavit tyto parametry:

- Hodnotu výstupního napětí a jeho frekvenci.
- Zvolení 1-,2-,3-fázového výstupního napětí a nastavení fázového posunu.
- Pro každé fázové napětí může být zvolen jiný typ signálu.
- Zvolení přímé vazby bez výstupního transformátoru (DIRECT) nebo vazby s využitím výstupního transformátoru (XFMR).

2.2.3 Programy s proměnnými parametry v čase

Jednotka UPC-3 disponuje možností vytvořením tzv. „TRANSIENT“ programu. Je to program, který je schopen v čase měnit parametry výstupního signálu. Princip vytvoření tohoto programu spočívá v rozdělení časového úseku, kdy má program probíhat, na jednotlivé segmenty dle požadavků uživatele. U každého jednotlivého segmentu má možnost uživatel editovat tyto parametry:

- Čas trvání segmentu.
- Nastavení napětí, které má být na konci daného segmentu.
- Nastavení frekvence, která má být na konci daného segmentu.
- Nastavení tvaru průběhu signálu, který má být pro daný segment použit.

Začátek každého „TRANSIENT“ programu začíná v 0° první fáze výstupního signálu a pokračuje dále na základě naprogramovaných segmentů.

Existují dva typy tohoto programu, které se navzájem liší možnostmi nadefinovat časový průběh každého segmentu:

- „Time-based“ program – Čas celého programu je dán součtem časů jednotlivých segmentů, ze kterých je složen. Čas jednotlivého segmentu je možno zvolit v rozsahu (0,2-300 sekund). Jeden program může obsahovat maximálně 50 segmentů.
- „Cycle-based“ program – Tento program se liší od předchozího tím, že uživatel nemá možnost nastavit čas trvání jednotlivého segmentu. Každý segment se skládá z jedné periody vybraného průběhu. Celkový čas programu je pak dán frekvencí jednotlivých segmentů. Jeden program může obsahovat maximálně 50 segmentů.

Uživatel má možnost provést jednorázovou exekuci programu nebo jeho nekonečné opakování, které může kdykoliv ukončit.

UPC jednotka má pro přechodné programy vyhrazenou paměť skládající se z 500 programovatelných segmentů. To znamená, že není možno uložit 99 programů, z nichž bude každý obsahovat 50 segmentů. [2]

2.2.4 Setup

Tento mód slouží pro komplexní nastavení a přehled funkcí jednotky UPC.

Mód Setup obsahuje:

- Kopírování a odstraňování uložených programů.
- Vytvářet, editovat a kopírovat tvary signálů.
- Nastavování maximálních a minimálních limitů pro frekvence a napětí.
- Aktivování nebo deaktivování funkce CSC.
- Nastavení externího nebo interního měřicího bodu.
- Nastavení převodního poměru výstupního transformátoru.
- Nastavení vnitřního frekvenčního rozsahu.
- Možnost zamknutí klávesnice na ovládacím panelu.
- Nastavení počátečního napětí při spuštění zdroje.
- Zobrazení verze firmwaru UPC.
- Nastavení sériové komunikace s PC.
- Kompletní vymazání paměti UPC a její resetování.
- Nastavení programovatelné výstupní impedance a její povolení.

2.3 Software

Obsluha výkonového zdroje pouze pomocí ruční obsluhy jednotky UPC je dostačující pouze pro základní práci na tomto zdroji. Uživatel má sice k dispozici téměř stejné funkce UPC, jako v případě vzdálené obsluhy, avšak práce ve vytvořeném programu pro PC pro obsluhu zdroje je daleko efektivnější, přehlednější a rychlejší. Mimo to tato komunikace disponuje dalšími výhodami, které budou zmíněny v následujících kapitolách.

Jak již bylo zmíněno, součástí dodávky zdroje je instalační CD obsahující dva programy poskytující uživateli programové rozhraní pro ovládání zdroje vzdáleně pomocí sériové komunikace. A to:

- UPC Interactive
- UPC Manager (viz. obr.13)
 - UPC Studio
 - UPC Control

2.3.1 UPC Interactive

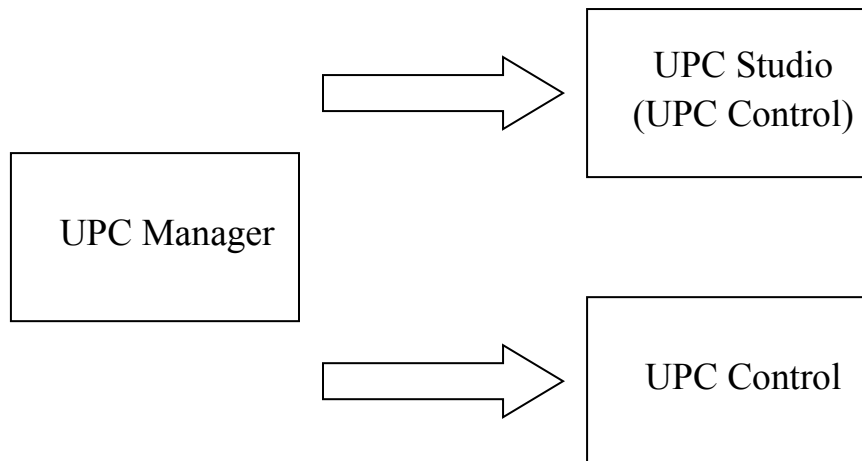
Instalační CD obsahuje mimo výše uvedené programy také knihovny nástrojů pro program LabView. Uživatel si tak má možnost vytvořit si vlastní prostředí pro ovládání zdroje. Program UPC Interactive je však ze všech těchto knihoven stvořen a je možno spustit i bez nainstalovaného programu LabView. Tento program je v porovnání s programem UPC Studio méně uživatelsky přehledný a neobsahuje navíc tolik možností obsluhy jednotky UPC. Z tohoto důvodu je v této práci detailněji rozebrán program UPC Studio. [5]

2.3.2 UPC Manager

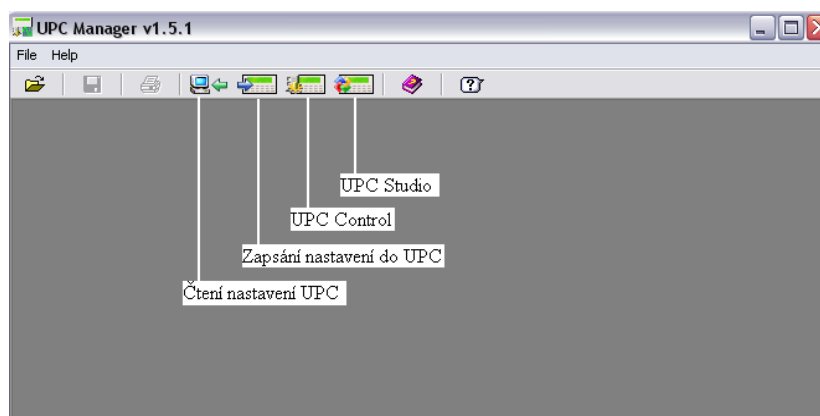
UPC Manager poskytuje uživateli přehledně uspořádané grafické prostředí pro snadnou vzdálenou obsluhu jednotky UPC. Jak bylo uvedeno výše, UPC Manager se člení na programy UPC Studio a UPC Control.

Tyto programy umožňují uživateli s jednotkou UPC následující operace:

- Možnost pracovat „offline“ – připojit se k virtuální jednotce UPC bez připojeného zdroje. Tato funkce je výhodná, neboť má uživatel možnost uložit si nastavení UPC vytvořené během simulace, které má následně možnost nahrát do reálné UPC.
- Možnost nastavit jakýkoliv parametr UPC a následně provést kompletní zálohu nastavení. Tato záloha může být do UPC znovu nahrána například po resetování jednotky.
- Zobrazení aktuálně měřených hodnot s možností jejich tisku nebo uložení do formátu souboru .xls.
- Vytváření a ukládání libovolných průběhů signálů, časově proměnných „transient“ programů, programů s neměnnými parametry.
- Možnost provádět harmonickou analýzu z aktuálního měření.



Obr.13: Blokové schéma rozčlenění dodaného softwaru



Obr.14: Pohled na program UPC Manager

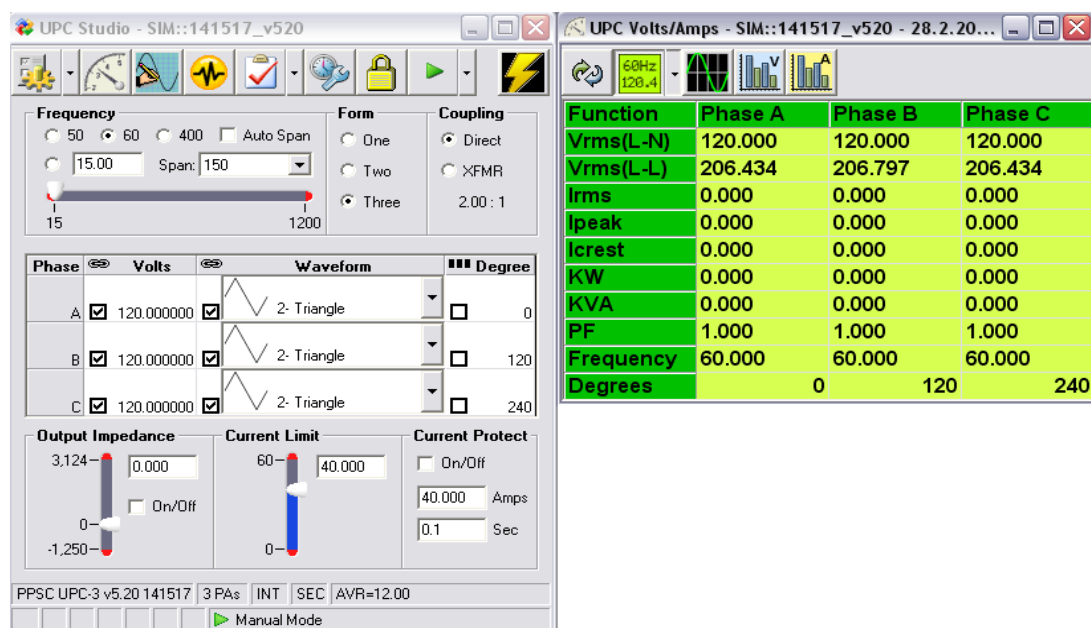
[3]

2.3.3 UPC Studio

UPC Studio disponuje všemi výše uvedenými funkcemi. Při spuštění programu má uživatel možnost výběru druhu připojení:

- GPIB komunikace
- Sériová komunikace
- Simulační profil

Po úspěšném navázání komunikace mezi PC a UPC, jehož postup je uveden v laboratorní úloze (příloha č.II), se uživateli zobrazí hlavní menu programu.



Obr.15: Hlavní menu programu UPC Studio

Při každém spuštění UPC Studia se zobrazí základní okno programu spolu s otevřeným oknem multimetru. V tomto režimu uživatel nastavuje parametry UPC v manuálním režimu.

Hlavní lišta UPC Studia obsahuje tyto sekce:



Spuštění programu UPC Control – Tento program bude přiblížen v kapitole (x).



Zobrazení měřicího multimetru.



Otevření editoru průběhů.



Otevření správce programů UPC.



Otevření funkce „Test Manager“ – Tato funkce UPC Studia umožňuje uživateli provést komplexní proměření zátěže připojené ke zdroji pomocí vytvořeného testu. Na konci testování je vygenerován záznam o měření. Tato funkce není standardní součástí UPC Studia a musí být zakoupena samostatně. V případě zdroje umístěného v laboratoři výkonové elektroniky nebyla funkce zakoupena.



Povolení/zakázání funkce CSC.



Po stisknutí této ikony je odpojena sériová komunikace a UPC jednotka přejde do režimu „Local“ - lze ji opět ovládat pomocí tlačítek na čelním panelu.



Jedná se o bezpečnostní tlačítko, které chrání uživatelskou zátěž před nahodilými změnami parametrů výstupního napětí v manuálním režimu. Při jakémkoli změně parametru začne blikat příslušná sekce, ve které byl parametr změněn a čeká se na její potvrzení uživatelem. Například při změně frekvence z 50 a na 60Hz začne blikat text „Frekvence“ do doby, než se změna parametru potvrdí právě stisknutím tohoto tlačítka. Až pak se tato změna projeví i na výstupním napětí.

[3] [4]

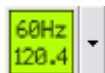
2.3.3.1 Měřicí multimetr

Okno multimetru umožňuje uživateli zobrazovat aktuální měřené hodnoty veličin na zátěži.

Funkce multimetru jsou následující:



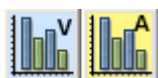
Získání aktuálního hodnot veličin.



Pod tímto tlačítkem je možno nastavit si, jaké veličiny si uživatel žádá měřit. Ty má možnost si rovněž vyexportovat do souboru excel.

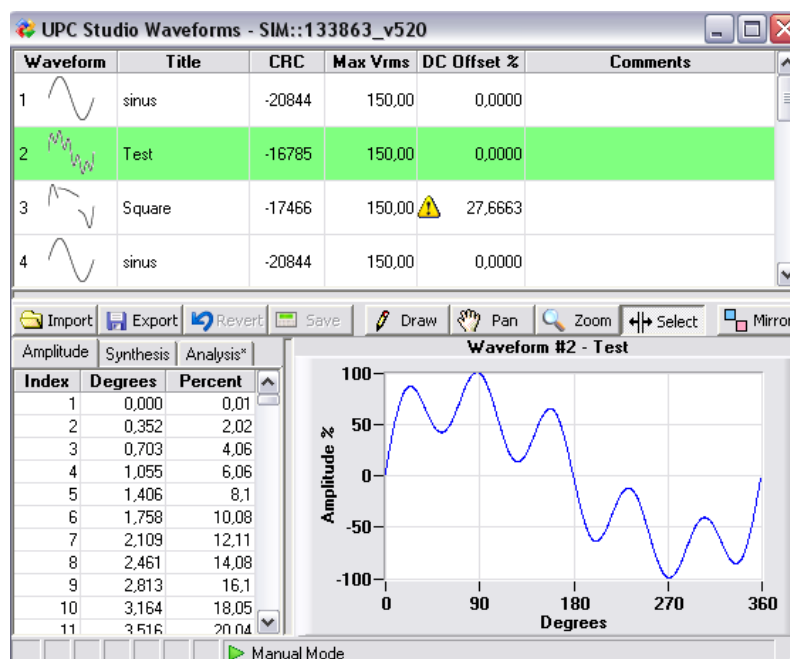


Zobrazení měřených průběhů veličin.



Provedení harmonické analýzy napětí nebo proudu.

2.3.3.2 Editor průběhů



Obr.16: Editor průběhů programu UPC Studio

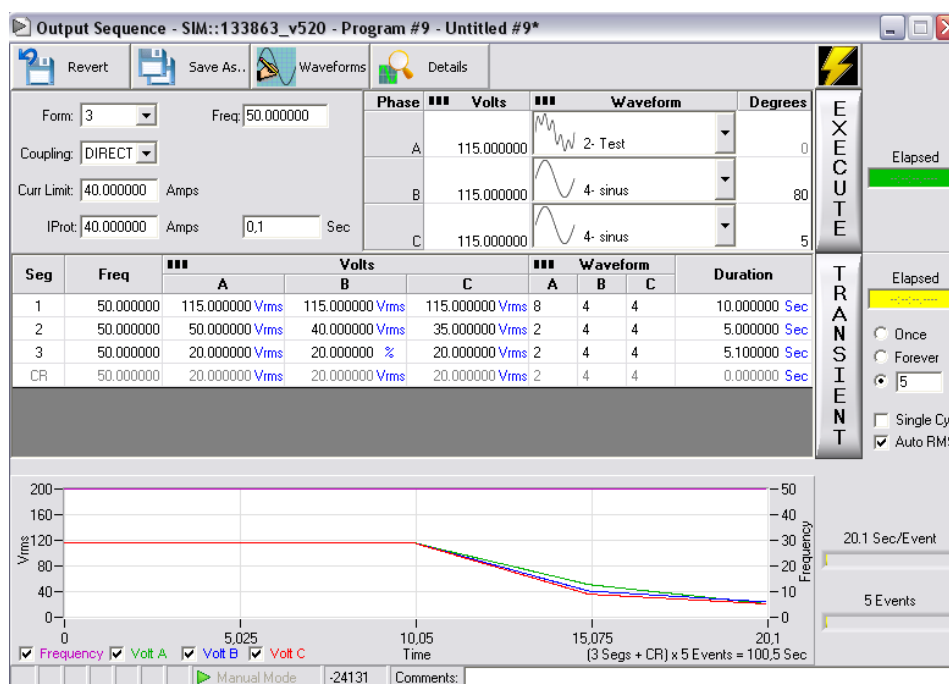
Editor průběhů (viz obr.16) spravuje všechny druhy průběhů uložené v UPC jednotce. V UPC Studiu si lze vytvořit jakýkoliv žádaný průběh dvěma způsoby:

- V samotném editačním oknu pomocí nástrojů pro úpravu signálu.
- Pomocí harmonické syntézy – lze definovat až 511 harmonických signálů.

Po vytvoření a uložení vytvořeného průběhu napětí se tento průběh může použít v jakémkoliv vytvořeném programu.

2.3.3.3 Správce programů UPC

Uživatel má možnost vytvořit si program úplně nový nebo libovolně editovat dříve vytvořený. Na obr. 17 je možné vidět, že byl vytvořen časově proměnný průběh výstupního napětí. Ve střední části je zobrazen počet segmentů a jejich jednotlivá nastavení. V dolní části je pak naznačen graf efektivní hodnoty výstupního napětí třech fází v závislosti na čase. Uživatel má možnost zvolit počet opakování cyklu všech segmentů.



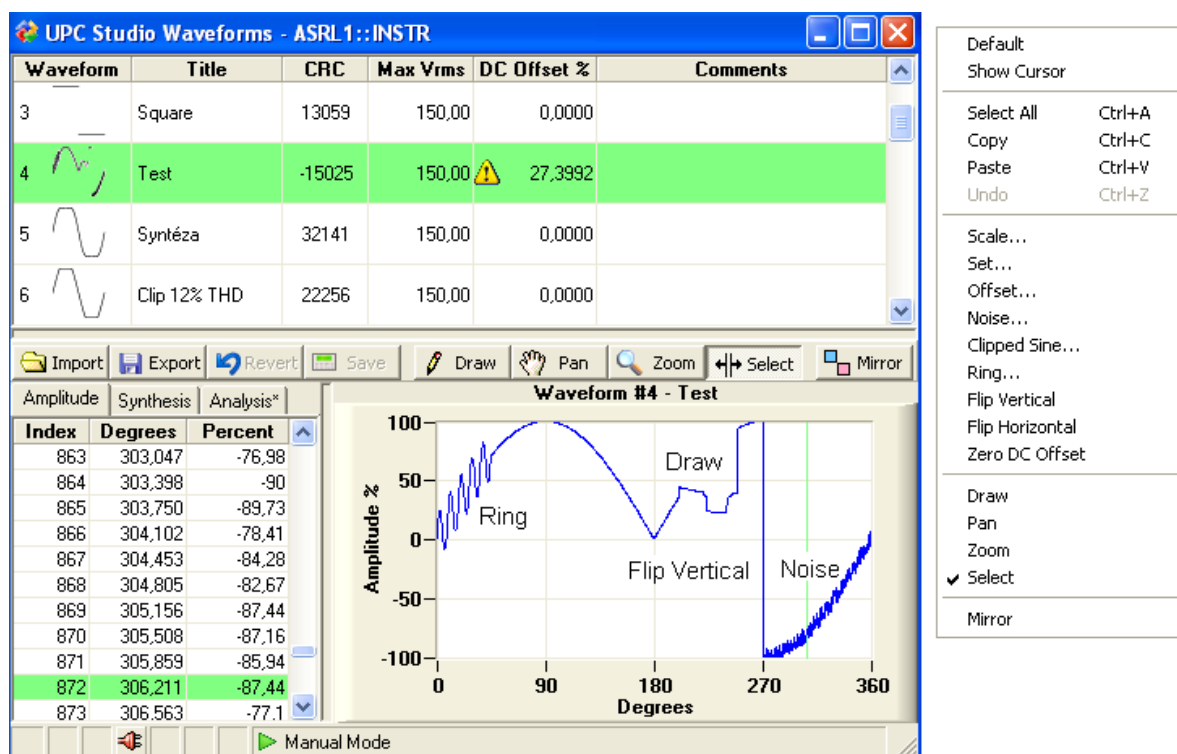
Obr.17: Správce programů UPC

2.4 Ověření funkcí zdroje v prostředí UPC Studio

2.4.1 Vytvoření libovolného tvaru signálu

1) Pomocí editoru

Na obr. 18 upraven sinusový průběh. Pro vytvoření tvaru signálu byly využity výše uvedené funkce. Paleta funkcí se zobrazí kliknutím pravého tlačítka myši kdekoli do průběhu signálu. V levém dolním rohu je zobrazena tabulka se seřazenými jednotlivými body signálu. Bodů je 1024 a lze je editovat jednotlivě nebo hromadně pomocí jejich označení. Tlačítkem „Save“ se průběh uloží do paměti jednotky UPS. Pro zálohování průběhu do paměti PC slouží tlačítko „Export“. Opačnou funkci má pak tlačítko „Import“.

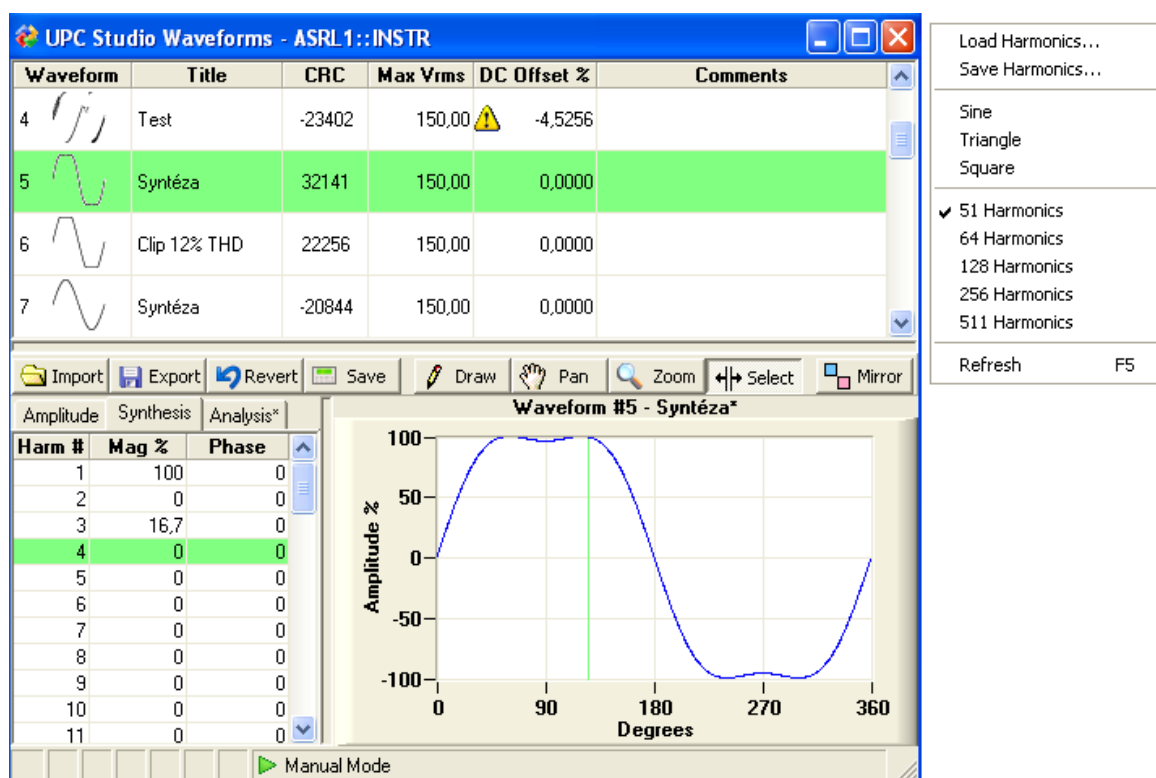


Obr.18: Vytvoření průběhu signálu editorem

2) Pomocí harmonické syntézy

Na obr. 19 byl vytvořen lichoběžníkový průběh napětí přidáním třetí harmonické sinusovému průběhu. Amplituda třetí harmonické je zvolena v poměru 1/6 ku základní harmonické.

Uživatel má možnost si zvolit syntézu z 51, 64, 128, 256, 511 harmonických. Nastavení jednotlivých harmonických lze vidět v tabulce v levém dolním rohu na obr. 19. Možnosti prvotního nastavení harmonické syntézy (zobrazeny v pravé části obrázku) se zobrazí po zmáčknutí pravého tlačítka myši na pole „Synthesis“.

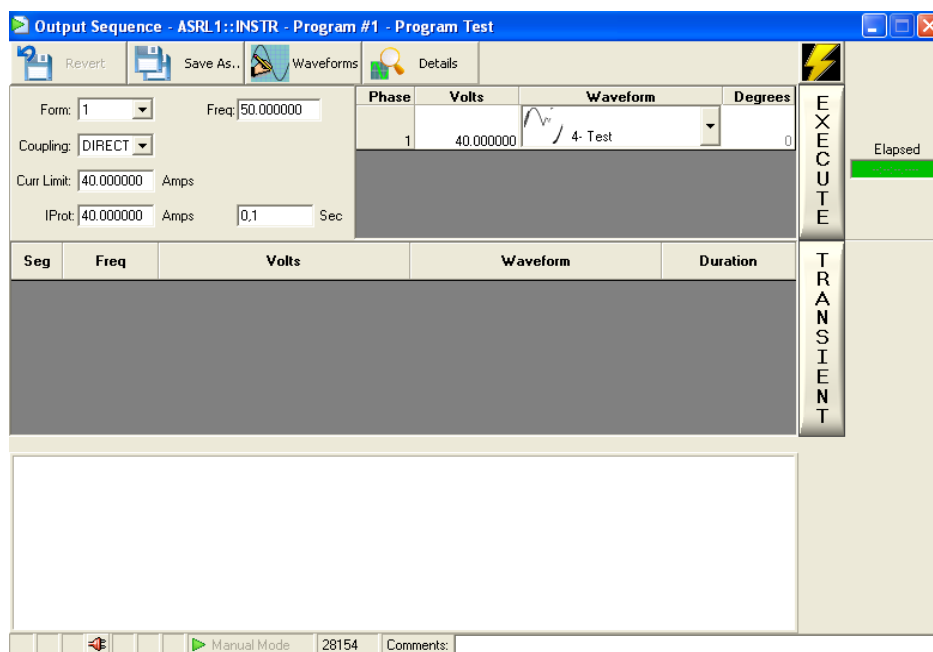


Obr.19: Vytvoření průběhu signálu harmonickou syntézou

2.4.2 Vytvoření a spuštění programu s uloženými průběhy signálu

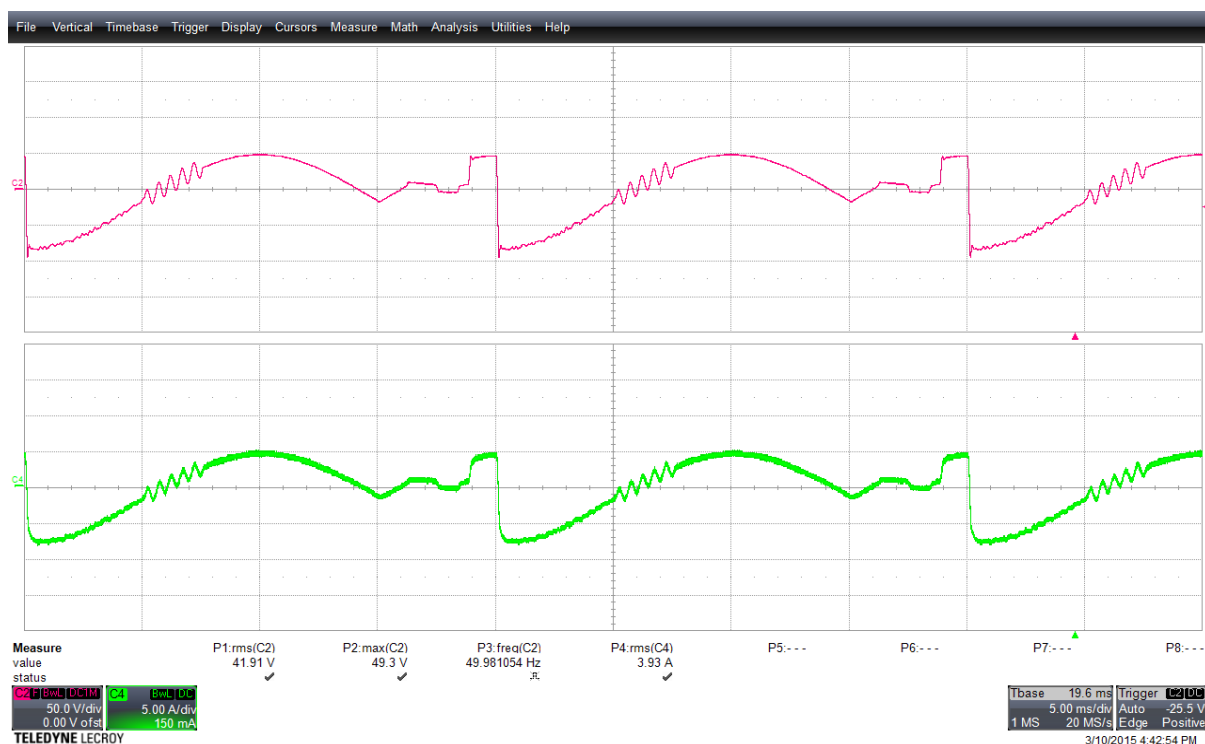
Program s časově neměnnými parametry

Na následujícím obrázku je zobrazeno vytvoření programu obsahující vytvořený průběh napětí editorem. V daném případě se zvolil jednofázový průběh napětí. Tlačítkem „Save As“ se program uloží do paměti jednotky UPC a je jej možno spustit.

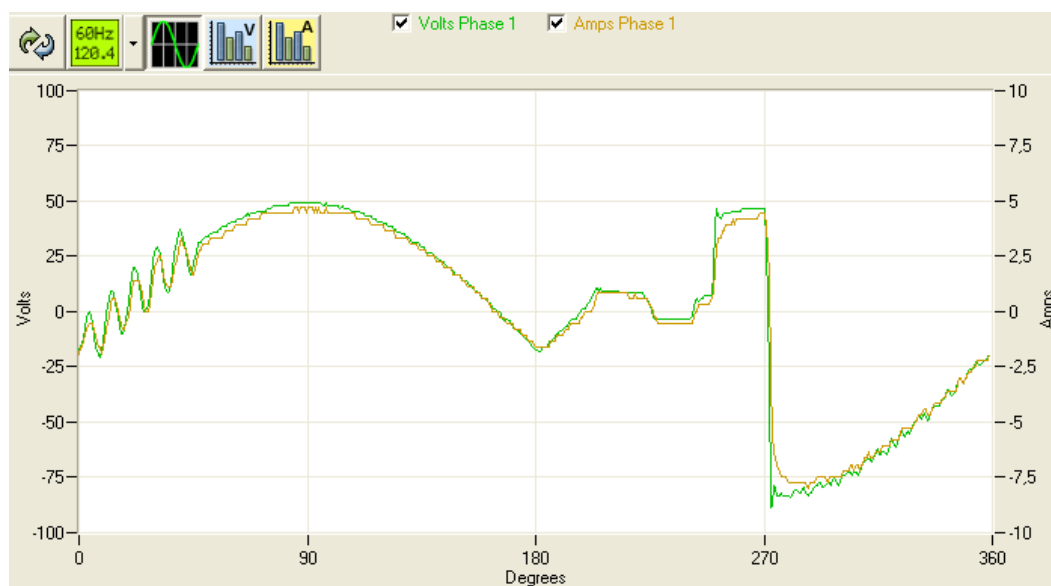


Obr.19: Vytvoření programu s časově neměnnými parametry

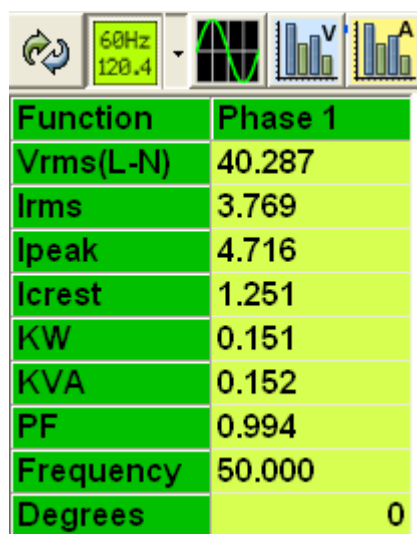
Následující průběhy napětí (růžový průběh) a proudu (zelený průběh) byly změřeny a zobrazeny po spuštění vytvořeného programu z obr.19.



Obr.20: Průběh napětí vytvořený editorem průběhů zobrazený osciloskopem. (odporová zátěž 10,3Ω)

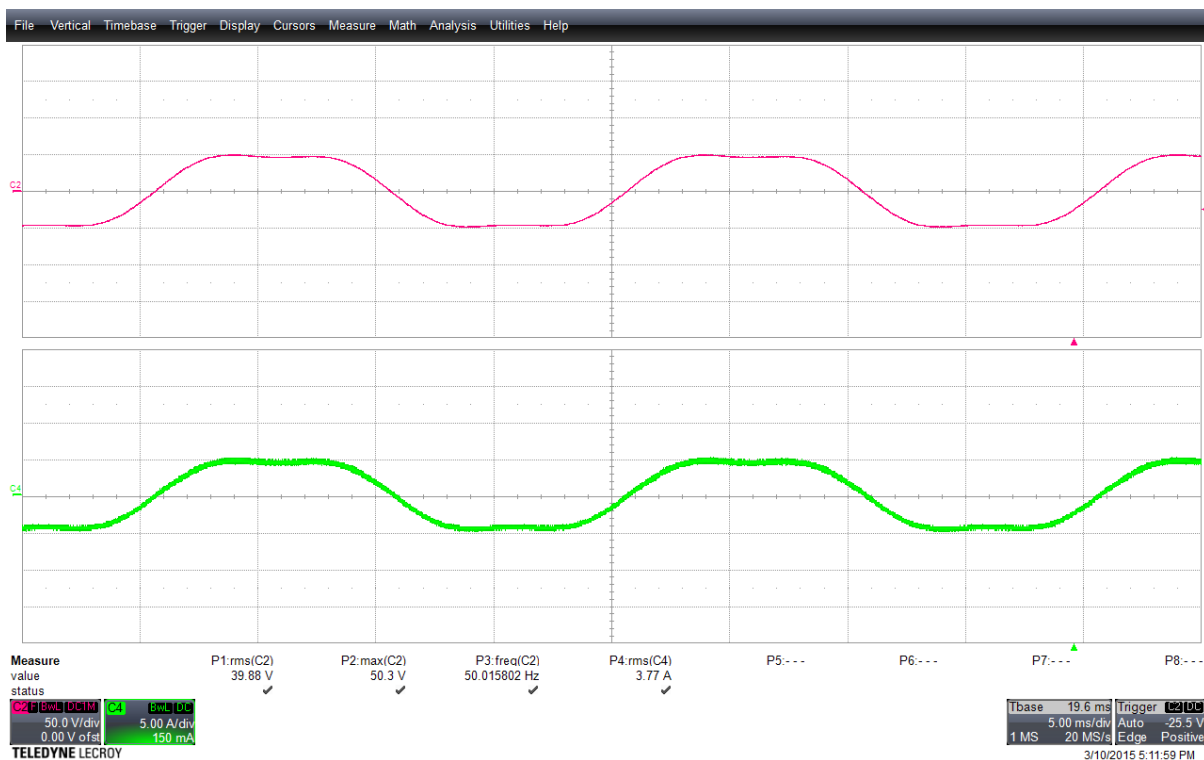


Obr.21: Průběh napětí a proudu zobrazený multimetrem UPC Studia



Obr.22: Změřené hodnoty veličin multimetrem UPC Studia.

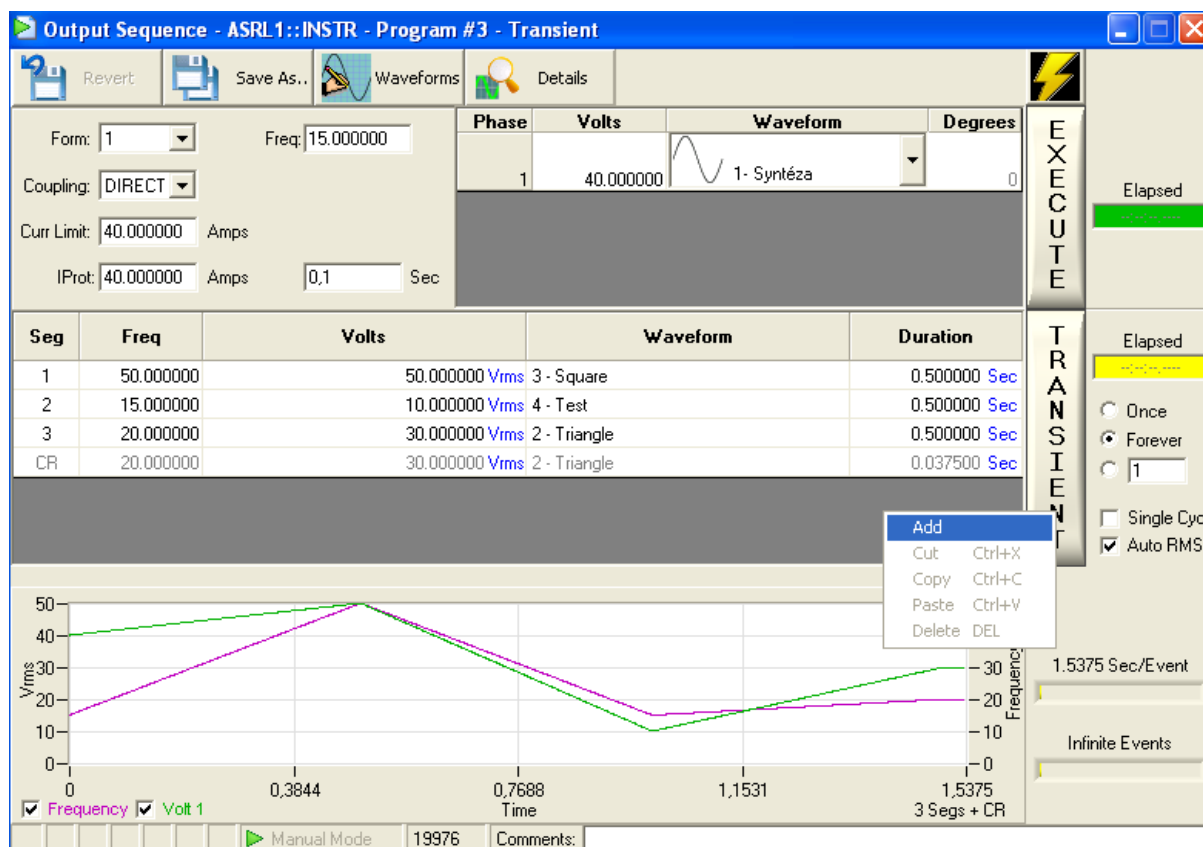
Stejným postupem se byl vytvořen a spuštěn program obsahující průběh napětí vytvořený harmonickou syntézou.



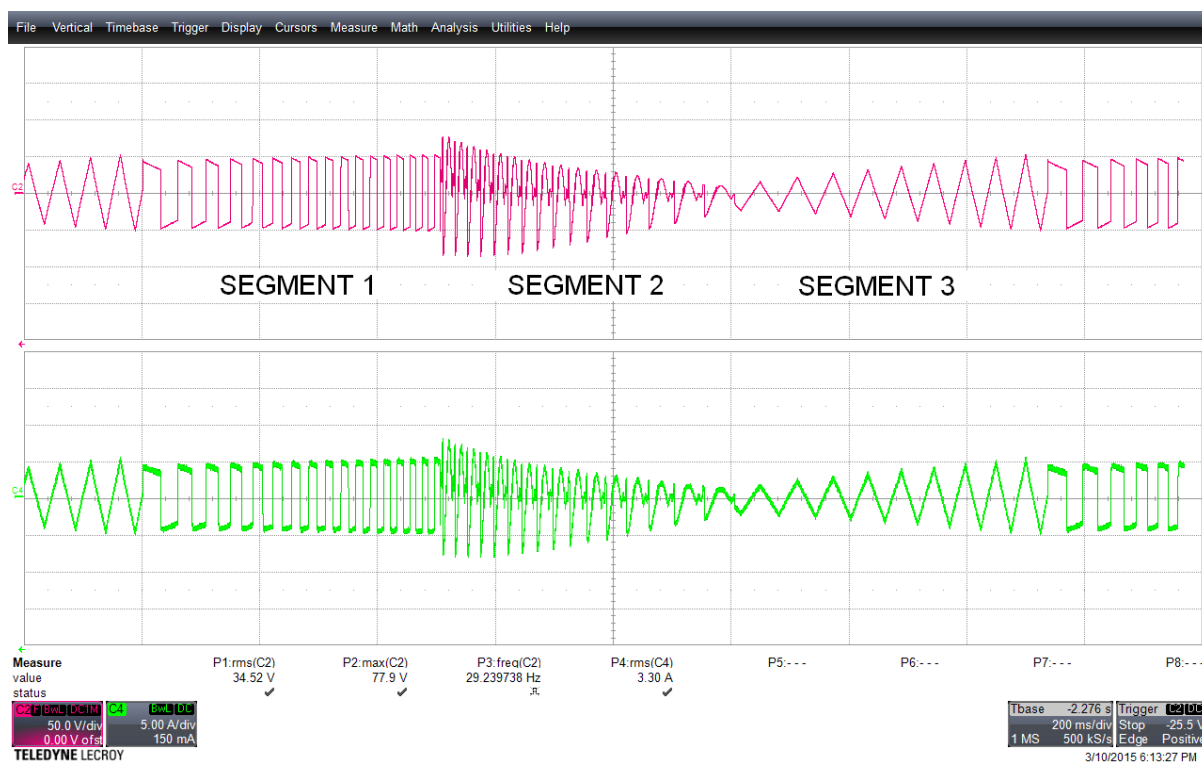
Obr.23: Průběh napětí (ružová barva) vytvořený harmonickou syntézou

2.4.3 Program s časově proměnnými parametry

Program s časově proměnným průběhem se vytvoří přidáním segmentů do standardního programu tlačítkem „Add“. Seznam segmentů je seřazen ve střední části okna, ve spodní části je pak zobrazen průběh efektivní hodnoty výstupního napětí v čase. Jak již bylo zmíněno, existují dva druhy „Transient“ programů. Zatřetí tlačítka „Single Cyc“ uživatel rozhodne, že bude doba trvání programu závislá na frekvenci napětí v jednotlivých segmentech (Cycle-based). V opačném případě (viz. obr. 24) se jedná o program „Time-based“. Doba trvání programu je určena součtem trvání jednotlivých segmentů. Dále je možno zvolit počet opakování programu. Pro následující měření byla zvolena nekonečná smyčka opakování. [3]

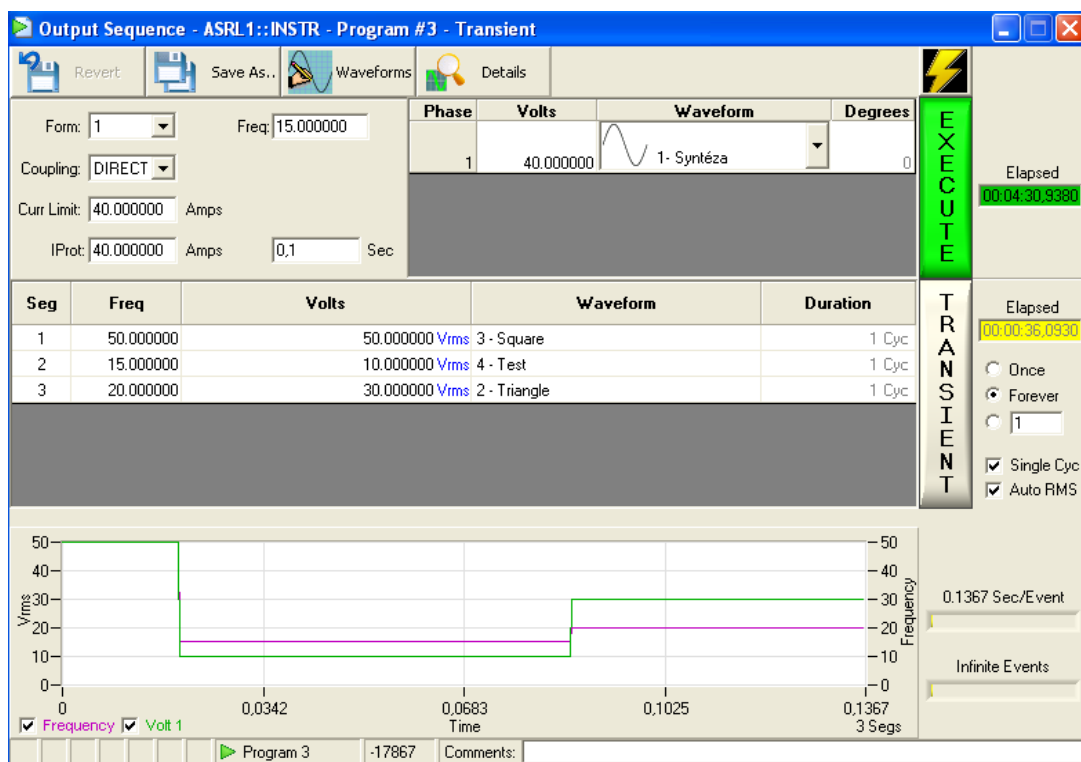


Obr.24: Vytvoření programu s časově proměnnými parametry – typ „Time based“

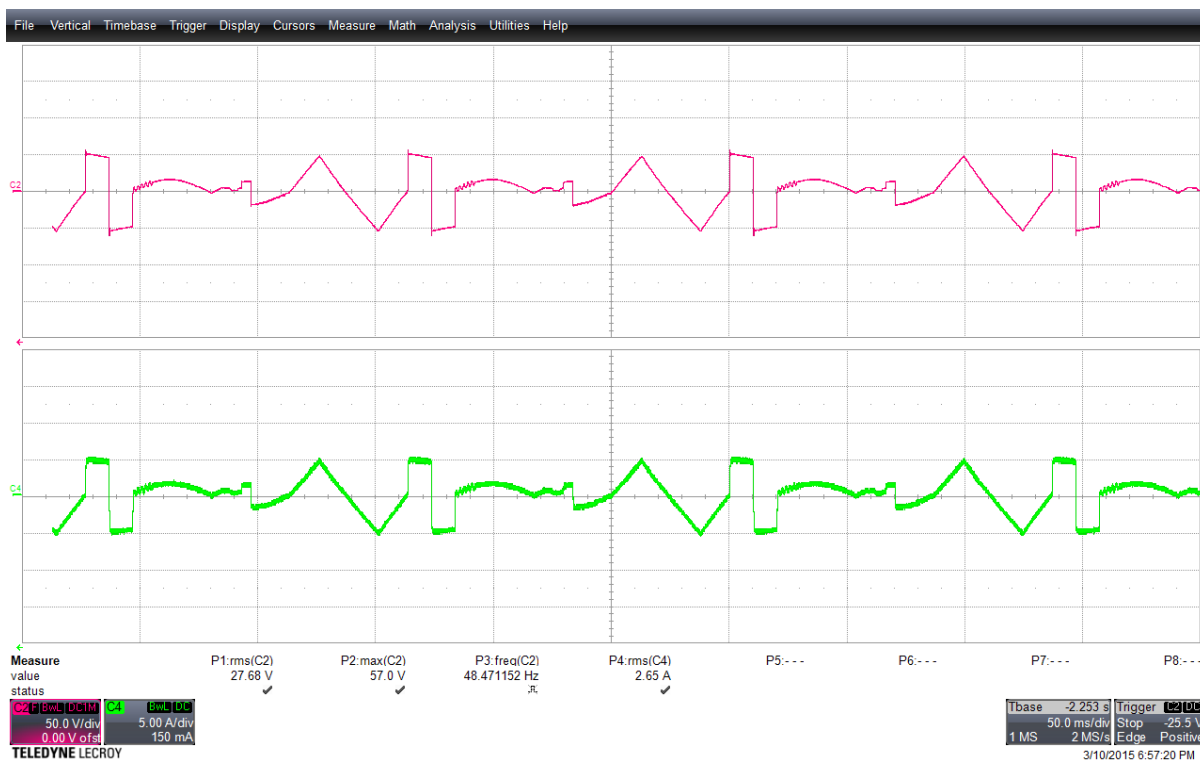


Obr.25: Průběhy napětí (růžová barva) a proudu (zelená barva) časově proměnného průběhu napětí typu „Time-Based“

Na průběhu napětí je vidět, že se v průběhu každého segmentu velikost napětí a frekvence mění tak, aby na konci daného segmentu parametry napětí odpovídaly zadaným parametrům při tvorbě programu.



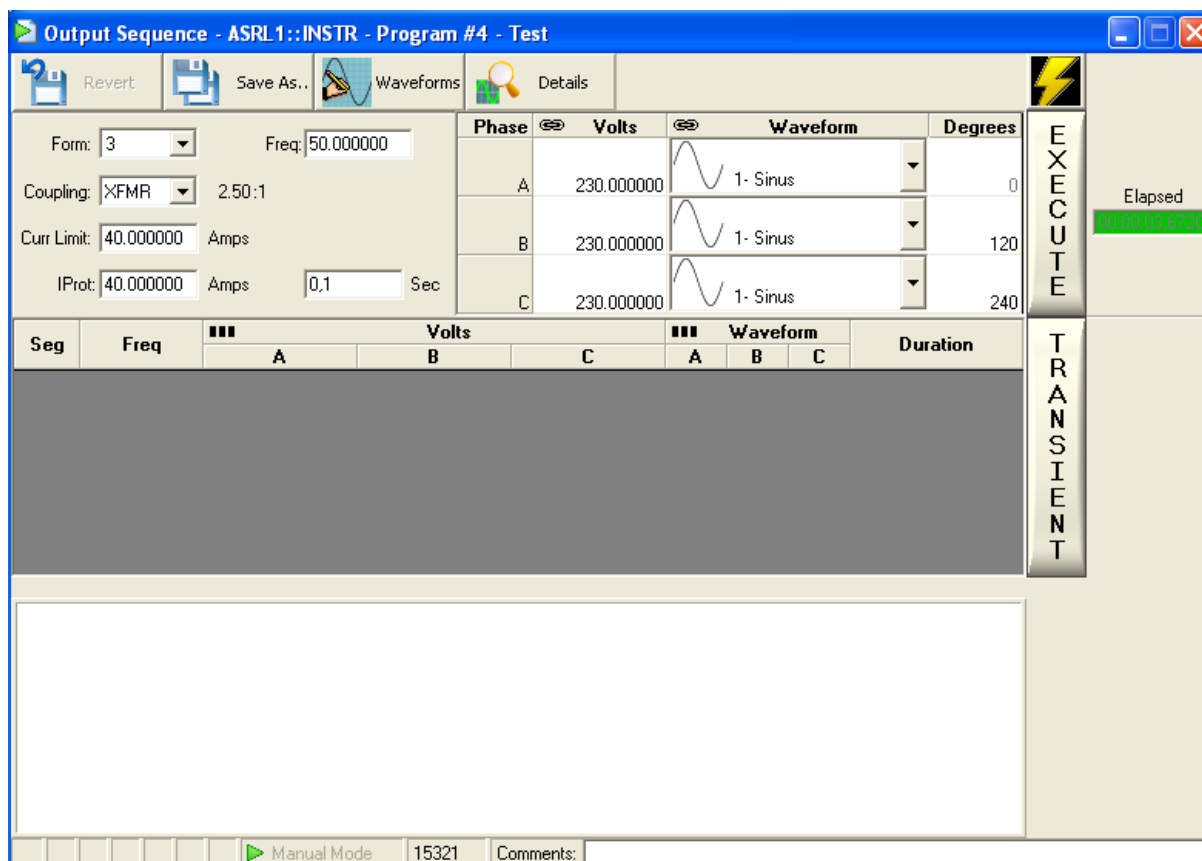
Obr.26: Vytvoření programu s časově proměnnými parametry – typ „Cycle based“



Obr.27: Průběhy napětí (růžová barva) a proudu (zelená barva) časově proměnného průběhu napětí typu „Cycle based“

2.4.4 Použití výstupního transformátoru zdroje

Připojením výstupního transformátoru je zdroj schopen generovat výstupní napětí o efektivní hodnotě až 375V. Při nastavování programu je nutno zvolit vazbu „Coupling“ na XFMR. Po zvolení této vazby se zobrazí převodní poměr prvotně nastavený v UPC jednotce. Tento poměr musí odpovídat převodnímu transformátoru uvedenému na jeho štítku. Každý uložený program, který obsahuje transformátorovou vazbu, má ve správci programů ve svém řádku obrázek transformátoru (viz. obr. 28). Pro zvolení 3-fázového výstupního napětí je nutno zadat položku „Form“ na hodnotu 3.

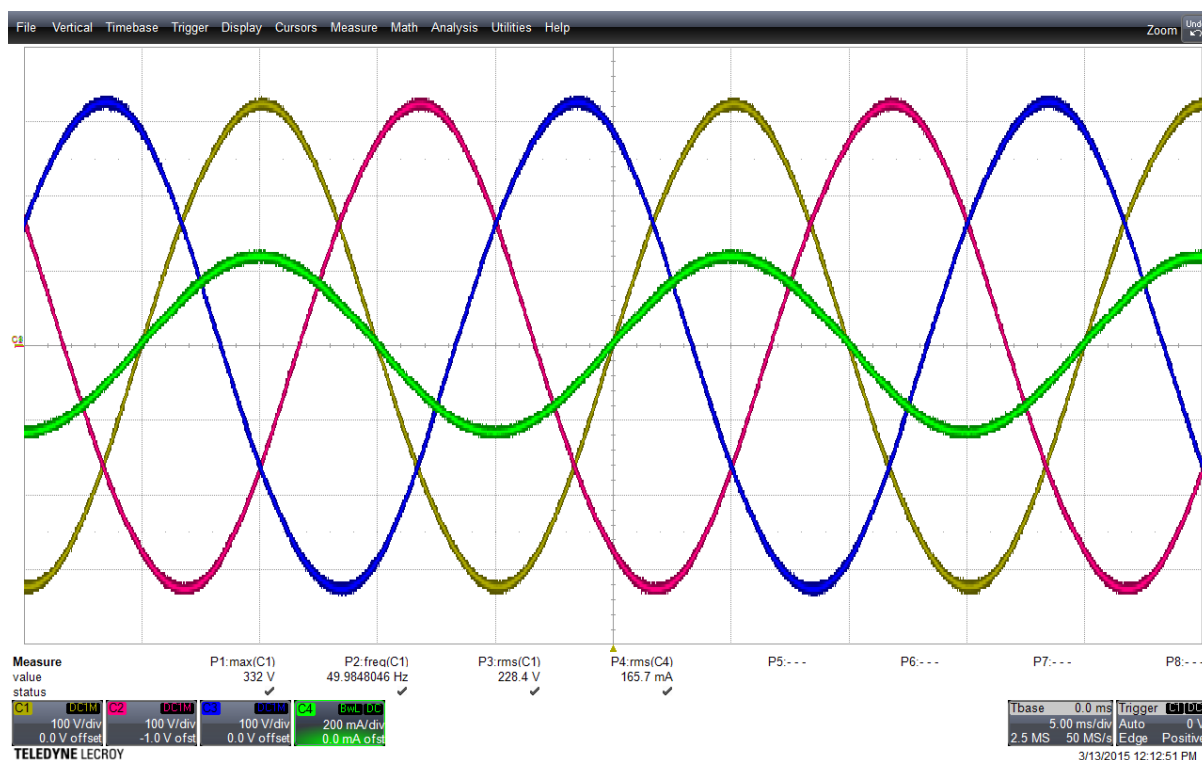


Obr.28: Vytvoření programu s transformátorovou vazbou

Stored UPC Programs:							
#	Volts	Freq	Segs	File Name	CRC	Comments	
1	40.0	50.0	--	Program Test.fm1	28154		
2	40.0	50.0	--	Program Syntéza.fm1	30876		
3	40.0	15.0	3	Transient.fm1	-17867		
4	230.0, 230.0, 230.0	50.0	--	Test.fm3	15321		
5							
6							
7							
8							

Obr.29: Uložený program ve správci programů

Následující měření bylo provedeno po spuštění programu z obr.28. Zátěž měla taktéž odporový charakter.



Obr.30: Průběhy napětí a proudu (zelená barva) za použití výstupního transformátoru

3 Vybraná měření na zdroji

3.1 Ověření funkce CSC (Continuous self calibration)

Tato funkce umožňuje kompenzovat ztráty ve vedení, a tím zabezpečit, aby bylo napětí na zátěži rovné nastavenému napětí uloženému v příslušném programu i přes úbytky napětí způsobené impedancí vedení. Součástí tohoto měření je také ověření funkčnosti CSC ve zmíněném rozsahu $\pm 10\%$.

Pro aktivaci této funkce se musí nejprve nastavit:

- Aktivování externího multimetru „External sense“ v setup módu jednotky UPC a připojit měřicí vodiče mezi zátěží a svorkami zdroje „EXT.SENSE“ (viz obr.8).

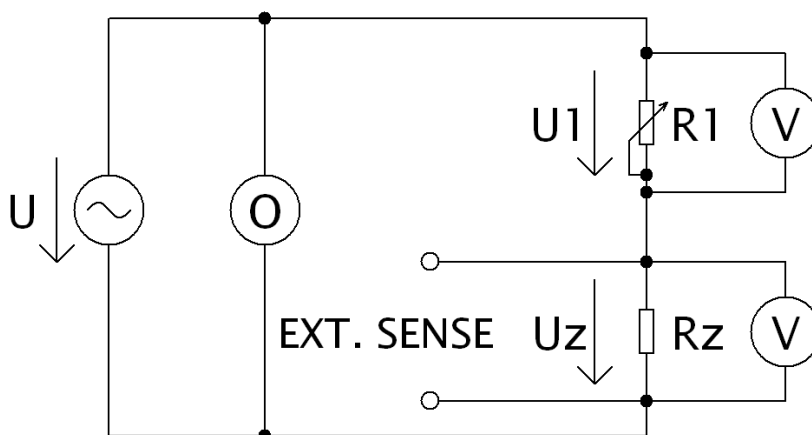
Principem měření bude měnit hodnotu odporu R1 před každým spuštěním výstupního napětí zdroje a ověřit, zda bude zdroj schopen zvýšit své napětí na výstupních svorkách, a tím kompenzovat simulované ztráty vedením.

Výpočet odporu R1 pro zjištění poklesu napětí na zátěži o 10%. Při nastaveném výstupním napětí zdroje $U=40V$ se jedná o pokles napětí o 4V na hodnotu $U_z = 36V$.

$$U_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_z}$$

$$4 = 40 \cdot \frac{R_1}{R_1 + 100}$$

$$R_1 = 11,11\Omega$$
(5)

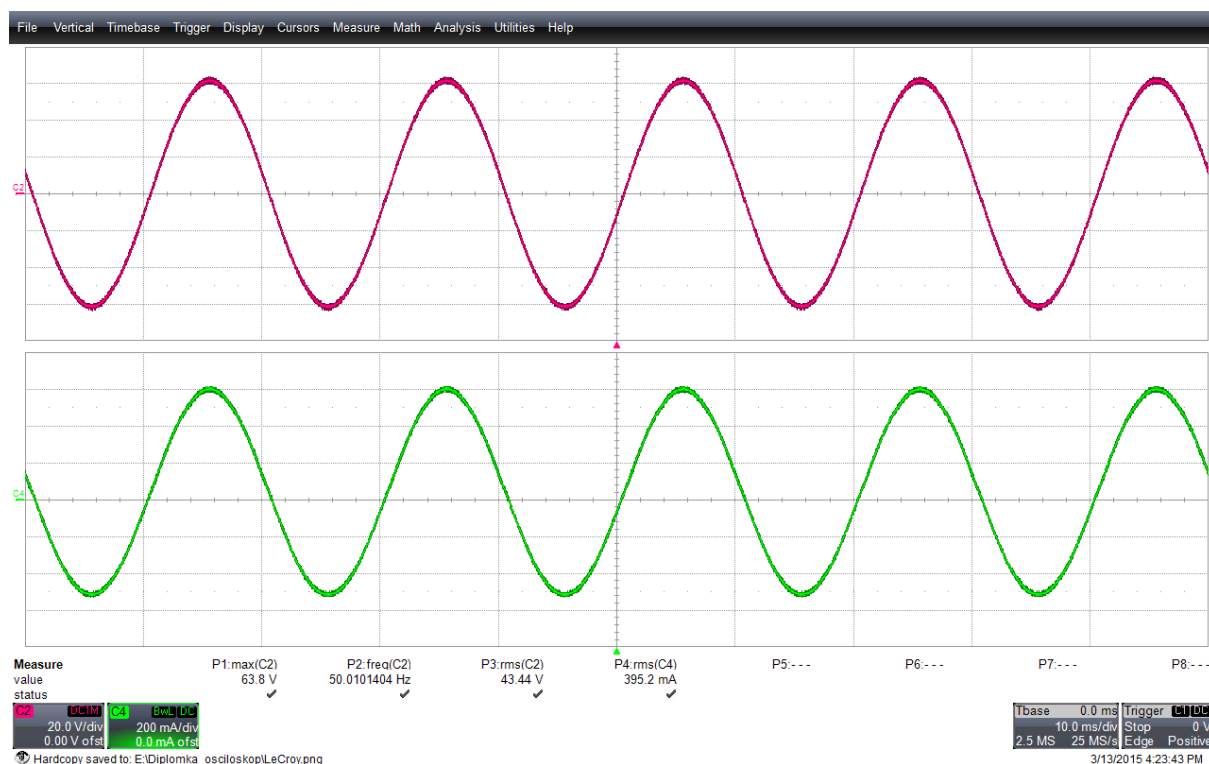


R1 – Výkonový potenciometr
Rz – Rezistor o hodnotě 100Ω
V – Multimetry
O – Osciloskop

Obr.31: Schéma zapojení pro ověření funkce CSC

1) Ověření správné funkce CSC

Hodnota odporu R1 byla zvolena nižší než stanovených $11,11\Omega$. V tomto rozmezí by měla být funkce aktivní.



Obr.32: Průběh napětí (růžová barva) a proudu (zelená barva) při hodnotě odporu $R1=10\Omega$

Změřené napětí multimetry:

$$U1 = 3,77V$$

$$Uz = 39,7V$$

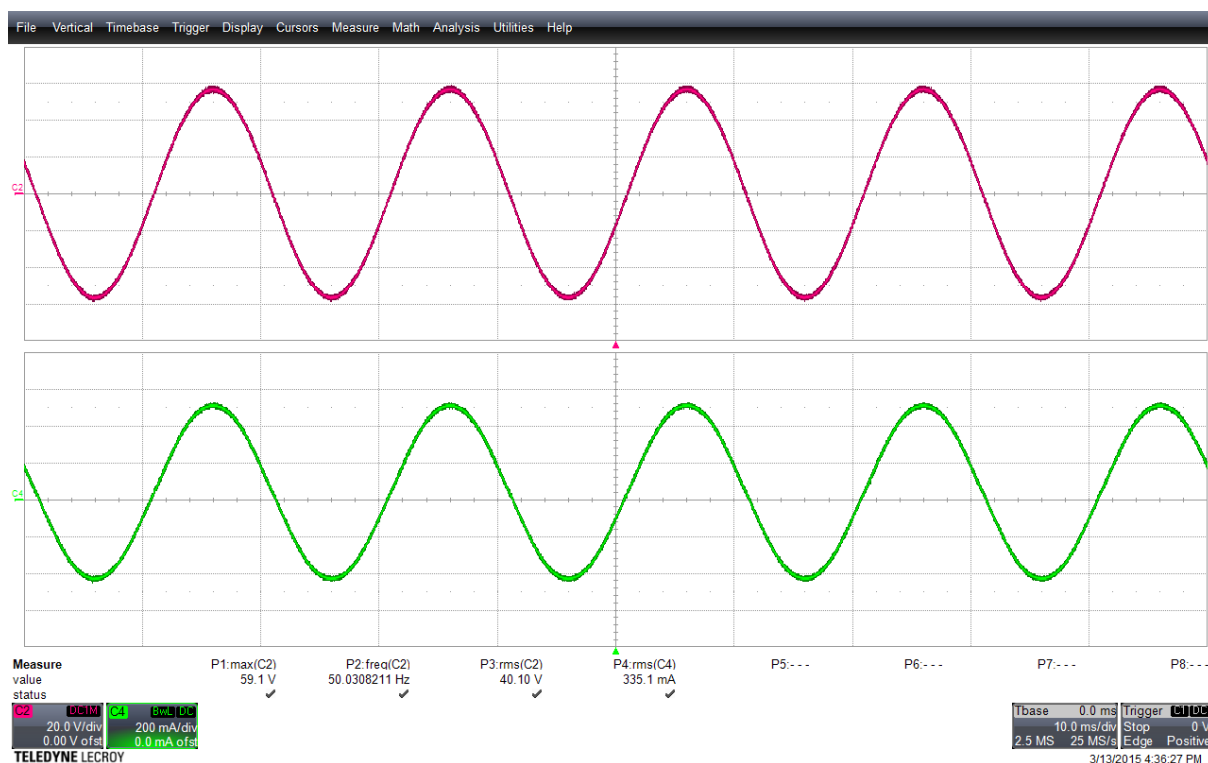
Součet obou napětí na odporech:

$$U1 + Uz = 43,47V \quad (6)$$

Na snímku z osciloskopu je vidět, že zdroj zvýšil výstupní napětí na hodnotu 43,44V a tím kompenzoval úbytek napětí na odporu R1. Na zátěži Rz pak bylo přibližně požadované napětí 40V.

2) Ověření výpadku funkce CSC

Cílem tohoto měření bylo ověřit, zda je funkce CSC aktivní v garantovaném rozsahu $\pm 10\%$. Před každým spuštěním výstupního napětí zdroje se hodnota odporu R_1 zvyšovala až do doby, kdy zdroj nebyl schopen ztrátu vedením kompenzovat. Čehož bylo dosaženo při hodnotě odporu $R_1 = 20\Omega$.



Obr.33: Průběh napětí (růžová barva) a proudu (zelená barva) při hodnotě odporu $R_1=20\Omega$

Změřené napětí multimetrem

$$U_1 = 6,66V$$

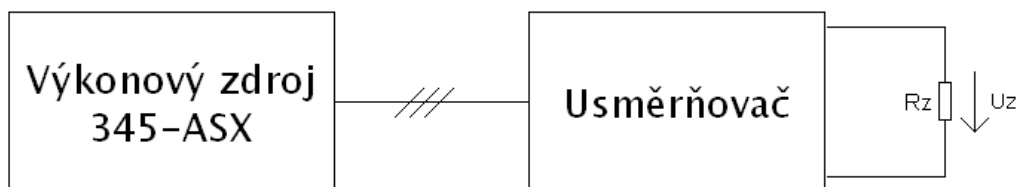
$$U_z = 33,68V$$

Součet obou napětí na odporech

$$U_1 + U_z = 40,34V \quad (7)$$

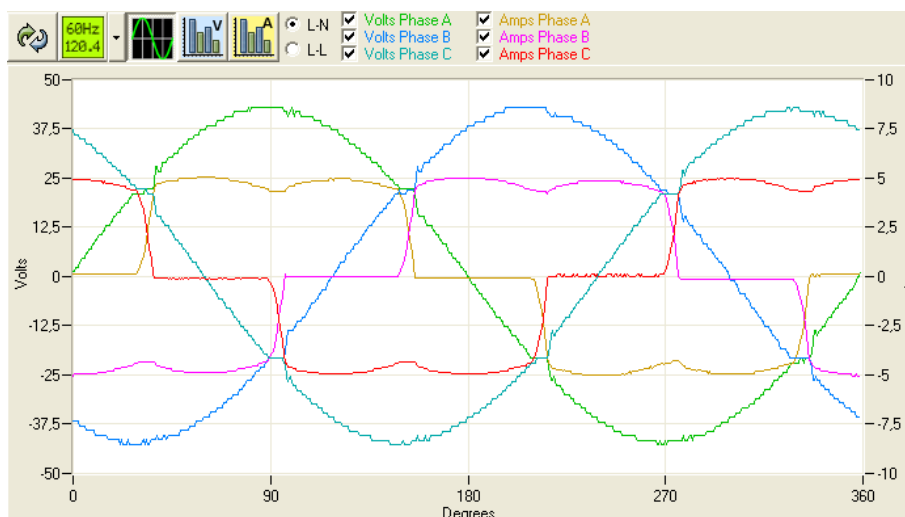
Zpětným výpočtem bylo určeno, že funkce CSC dokáže kompenzovat ztráty vedením ve výši 16,5%.

3.2 Měření na třífázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení s odporovou zátěží



Rz – Rezistor

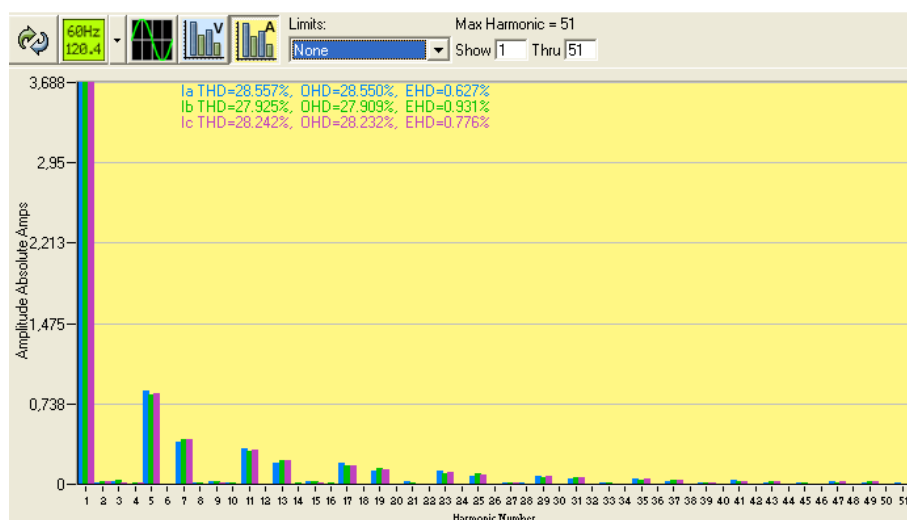
Obr.34: Blokové schéma zapojení



Obr.35: Průběhy fázových napětí a proudů zobrazené UPC Studiumem

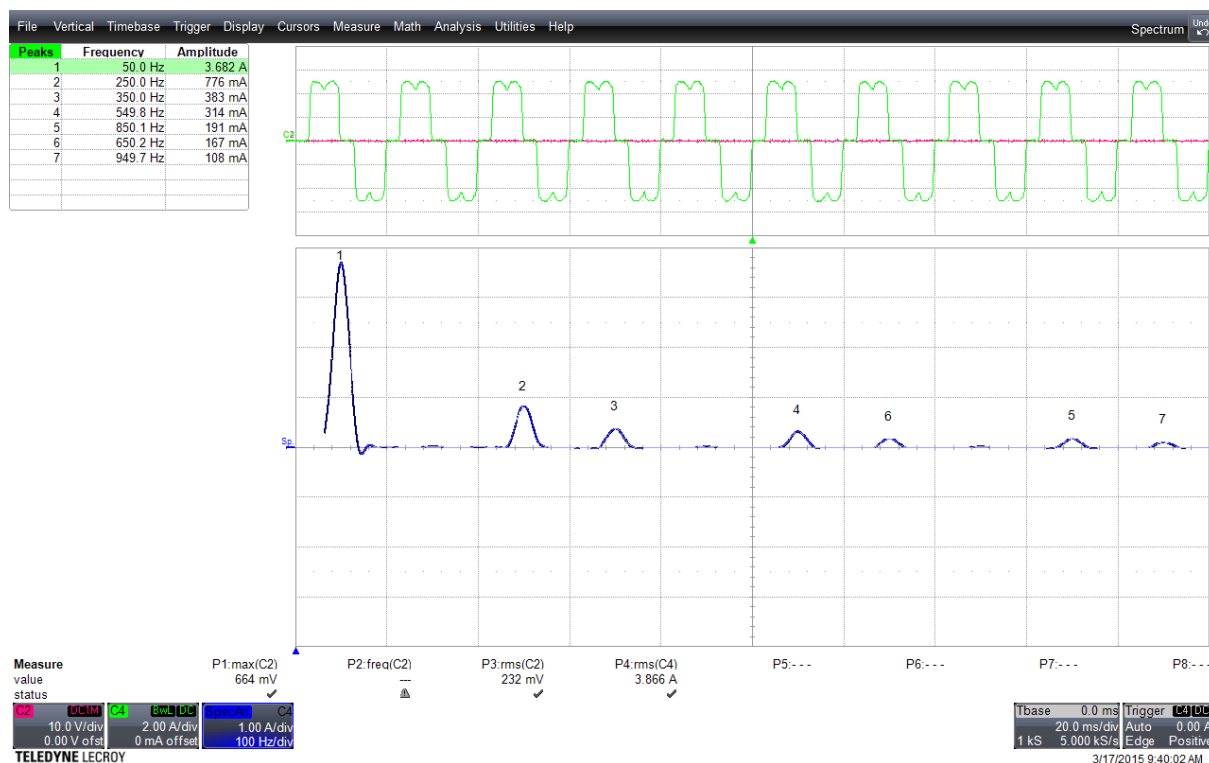
Function	Phase A	Phase B	Phase C
Vrms(L-N)	29.991	29.981	29.992
Vrms(L-L)	51.814	52.109	51.891
Irms	3.882	3.869	3.854
Ipeak	5.134	5.084	4.992
Icrest	1.322	1.314	1.295
KW	0.112	0.111	0.111
KVA	0.116	0.116	0.116
PF	0.959	0.960	0.960
Frequency	50.000	50.000	50.000
Degrees	0	120	240

Obr.35: Multimetr zobrazený UPC Studiumem



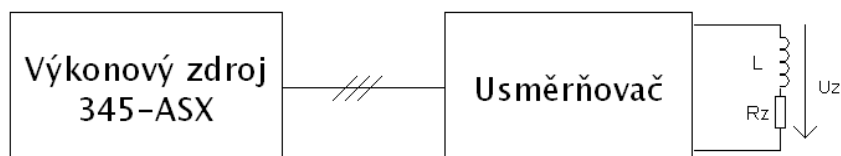
Obr.36: Harmonická analýza fázových proudů provedená UPC Studiem

Pro porovnání byla dále provedena harmonická analýza fázového proudu osciloskopem LeCroy WaveRunner 604Zi



Obr.37: Harmonická analýza fázového proudu provedená osciloskopem proudové sondy

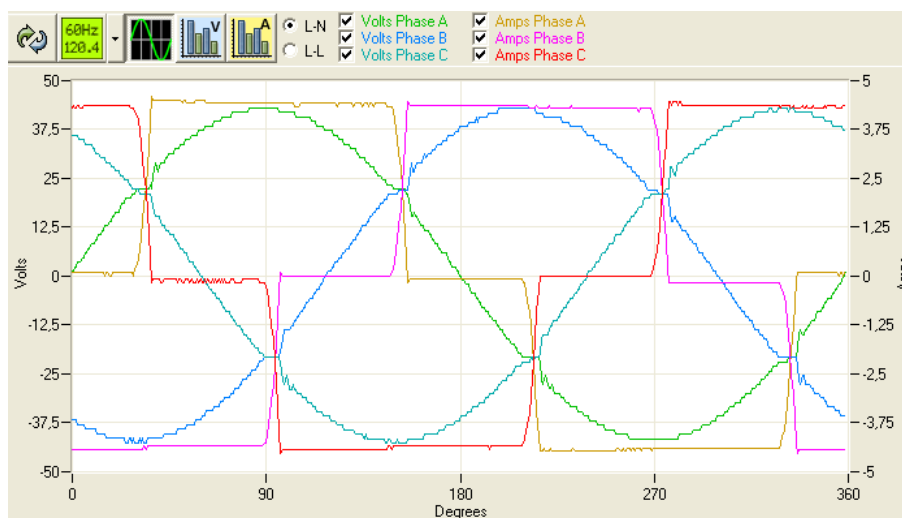
3.3 Měření na třífázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení s odporovou induktivní zátěží



R_z – Rezistor o hodnotě 13Ω

L – Cívka o hodnotě 98mH

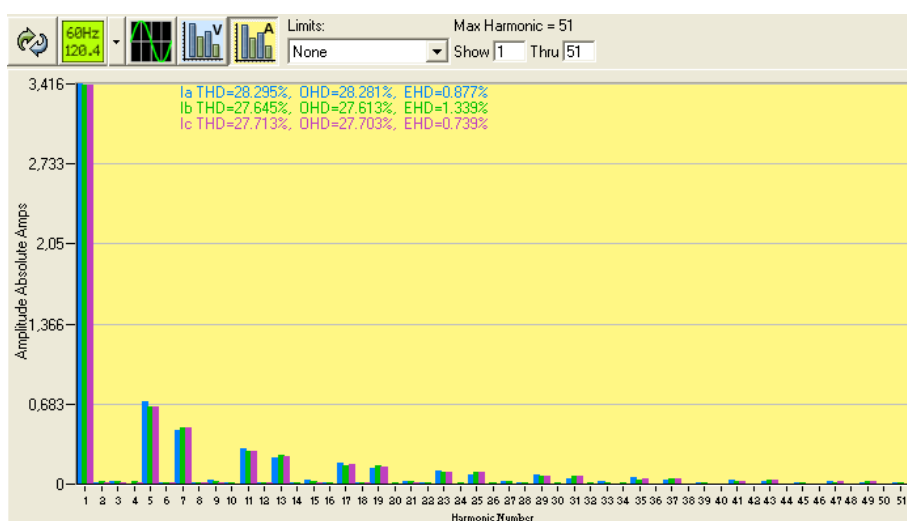
Obr.38: Blokové schéma zapojení



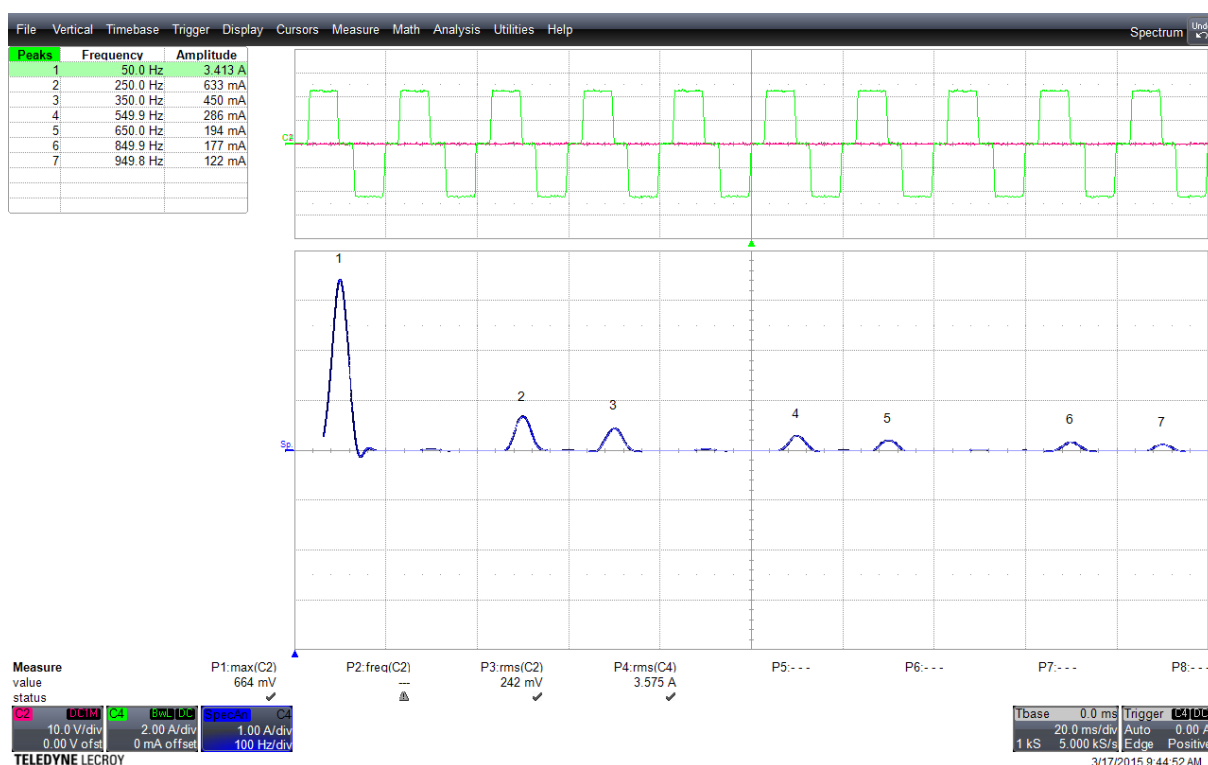
Obr.39: Průběhy fázových napětí a proudů zobrazené UPC Studiwm

Function	Phase A	Phase B	Phase C
Vrms(L-N)	30.042	30.026	30.009
Vrms(L-L)	51.884	52.209	51.917
Irms	3.563	3.539	3.534
Ipeak	4.584	4.358	4.448
Icrest	1.287	1.231	1.259
KW	0.103	0.102	0.102
KVA	0.107	0.106	0.106
PF	0.960	0.961	0.961
Frequency	50.000	50.000	50.000
Degrees	0	120	240

Obr.40: Multimetr zobrazený UPC Studiwm

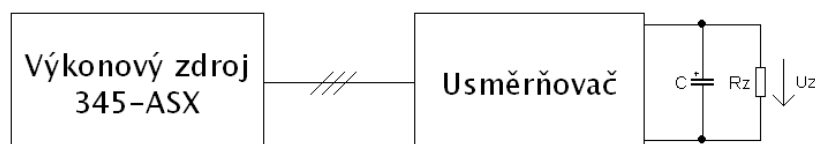


Obr.41: Harmonická analýza fázových proudů provedená UPC Studiem



Obr.42: Harmonická analýza fázového proudu provedená osciloskopem za použití proudové sondy

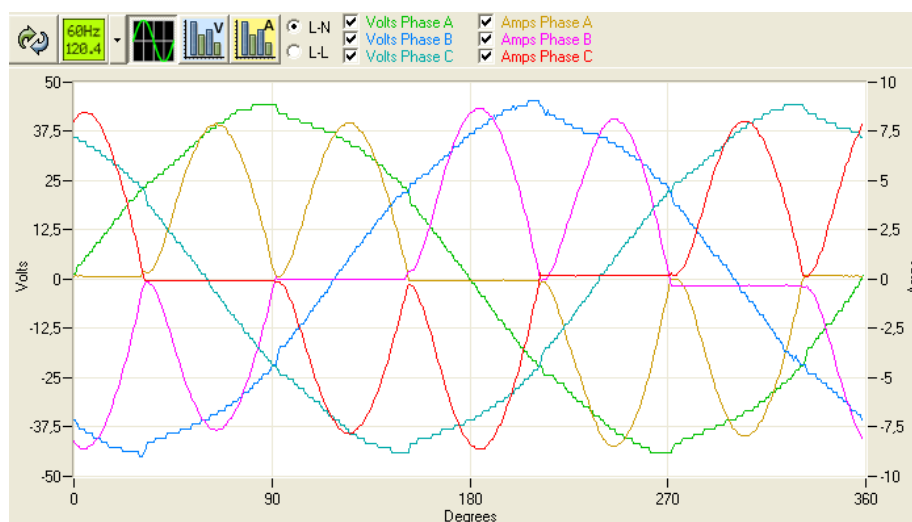
3.4 Měření na třífázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení s odporově-kapacitní zátěží



R_z – Rezistor o hodnotě 13Ω

C – Kondenzátor o parametrech $2200\mu\text{F}/400\text{V}$

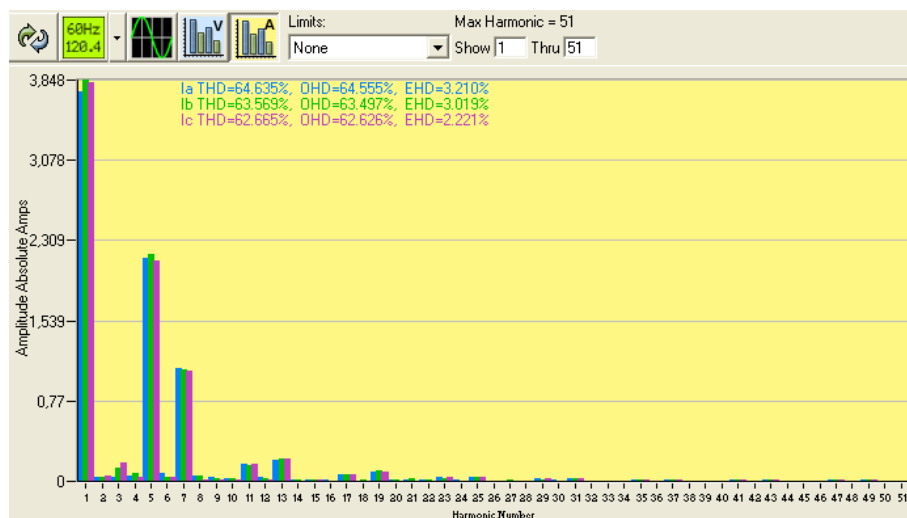
Obr.43: Blokové schéma zapojení



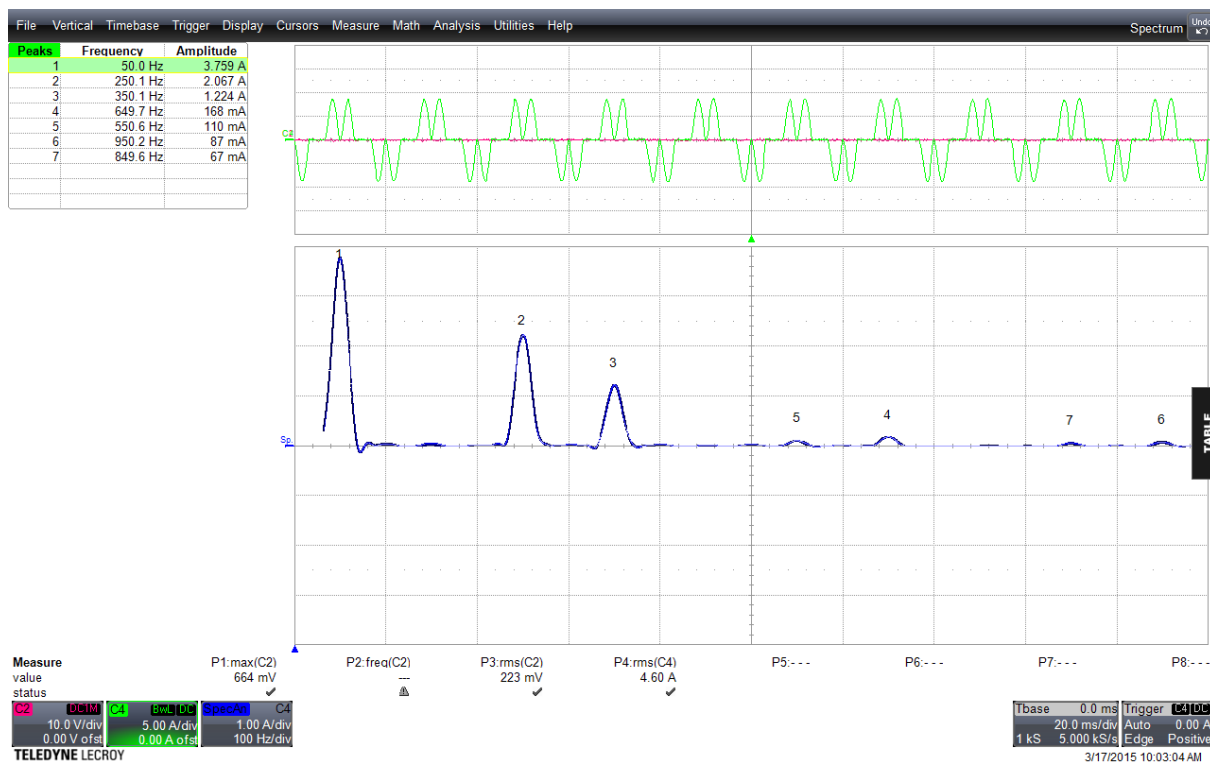
Obr.44: Průběhy fázových napětí a proudů zobrazené UPC Studiem

Function	Phase A	Phase B	Phase C
Vrms(L-N)	29.991	29.981	29.992
Vrms(L-L)	51.814	52.109	51.891
Irms	3.882	3.869	3.854
Ipeak	5.134	5.084	4.992
Icrest	1.322	1.314	1.295
KW	0.112	0.111	0.111
KVA	0.116	0.116	0.116
PF	0.959	0.960	0.960
Frequency	50.000	50.000	50.000
Degrees	0	120	240

Obr.45: Multimetr zobrazený UPC Studiem



Obr.46: Harmonická analýza fázových proudů provedená UPC Studiem



Obr.47: Harmonická analýza fázového proudu provedená osciloskopem za použití proudové sondy

4 Závěr

Cílem této diplomové práce bylo vystihnout a zpracovat nejdůležitější vlastnosti a parametry nového výkonového zdroje 345-ASX umístěného na katedře elektroniky spolu s dodaným softwarem pro jeho snadné ovládání. Po zpracování těchto bodů následovalo experimentální měření a jeho následné zpracování ve formě sylabu.

Pro zpracování prvního bodu bylo zapotřebí jsem musel důkladně prostudovat veškeré materiály a manuály dodané výrobcem jak pro řídicí jednotku UPC-3, tak pro samotný zdroj. Příložený výkres s blokovým byl obdržen po komunikaci s výrobcem během vypracovávání této diplomové práce.

Výkonový zdroj je řízen jednotkou UPC-3. Tu je možno ovládat tlačítky na předním panelu nebo dálkově počítačem pomocí programů vyrobených výrobcem za účelem pohodlnější obsluhy. Nutno říci, že ovládání pomocí tlačítek na panelu UPC-3 je zdlouhavé a nepřesné, a naučení se tomuto typu obsluhy vyžaduje cvik.

Další bod práce se tedy zaměřuje na rozbor funkčnosti programů dodaných ke zdroji. Práce je zaměřena především na program UPC Studio, neboť je uživatelsky nejpřehlednější a umožňuje uživateli nejvíce možností využití zdroje. Veškeré měření na zdroji bylo provedeno s použitím právě UPC Studia.

Poslední bod práce zahrnuje testování možností zdroje na základě nabytých poznatků z předešlých bodů práce. Prvotní měření bylo zaměřeno na jednotlivé funkce UPC-3, například vytváření jednotlivých typů programů, funkce CSC. Dále následovalo testování připojení výstupního transformátoru.

Největší důraz byl věnován měření na neřízeném můstkovém usměrňovači, na kterém byly demonstrovány veškeré měřicí schopnosti UPC Studia. Toto měření bylo následně zpracováno ve formě laboratorní úlohy pro studenty. Laboratorní úloha obsahuje ve svém teoretickém rozboru kompletní nastavení komunikace mezi zdrojem (jednotkou UPC-3) a počítačem. V postupu měření je pak uveden návod pro vytvoření potřebného měřicího programu.

Výsledky měření prokázaly, že Výkonový zdroj ASX-345 se ukázal jako univerzální zdroj s nesčetným počtem funkcí, které mohou být využity při nejrůznějších měření. Projekt by se mohl dále rozvíjet směrem, kdy by bylo možné tímto zdrojem testovat například správnou funkci zařízení UPS v případě simulace výpadku napájecího napětí. Dále chování frekvenčních měničů a jejich řídicích částí při poruchách na straně sítě, například při neharmonickém vstupním napětí, jeho nesymetrii, při výpadku jedné fáze napětí nebo při krátkodobém celkovém výpadku sítě.

Z tohoto důvodu by bylo do budoucna vhodné zakoupit i licenci na chybějící funkci UPC Studia, a to funkci „Test Manager“, kterým by se měření stalo více efektivním.

Seznam použité literatury

- [1] *ASX-SERIES AC POWER SOURCE – OPERATION MANUAL*. Irvine: Pacific Power Source, 2011.
- [2] *UPC-3/UPC-1 PROGRAMMABLE CONTROLLERS – OPERATION MANUAL*. Irvine: Pacific Power Source, 2008.
- [3] *UPC STUDIO– OPERATIONS MANUAL*. Irvine: Pacific Power Source, 2008.
- [4] *UPC STUDIO TEST MANAGER– OPERATIONS MANUAL*. Irvine: Pacific Power Source, 2011.
- [5] *UPC INTERACTIVE – OPERATIONS INSTRUCTIONS*. Irvine: Pacific Power Source, 2011.
- [6] *PRODUCTS* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z WWW: <http://www.pacificpower.com/English/Products.aspx>
- [7] *TAKE CONTROL OF YOUR AC TEST POWER* [online]. [cit. 2015-04-20]. Dostupné z WWW: <http://www.pacificpower.com/English/Products/ASX-Series.aspx>

Seznam příloh

Příloha č.I: Blokové schéma zdroje ASX-345

Příloha č.II: Laboratorní úloha – Měření na třífázovém usměrňovači v uzlovém zapojení

Příloha č.III: Zhotovená propojovací krabice

Příloha č.I: Blokové schéma zdroje ASX-345

Toto schéma je samostatně vytištěno na papír formátu A3 a přiloženo k zadním deskám vazby diplomové práce.

Příloha č.II: Laboratorní úloha – Měření na třífázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení

Tato laboratorní úloha začíná na následující straně.

Laboratorní úloha

Měření na třífázovém neřízeném usměrňovači v můstkovém zapojení

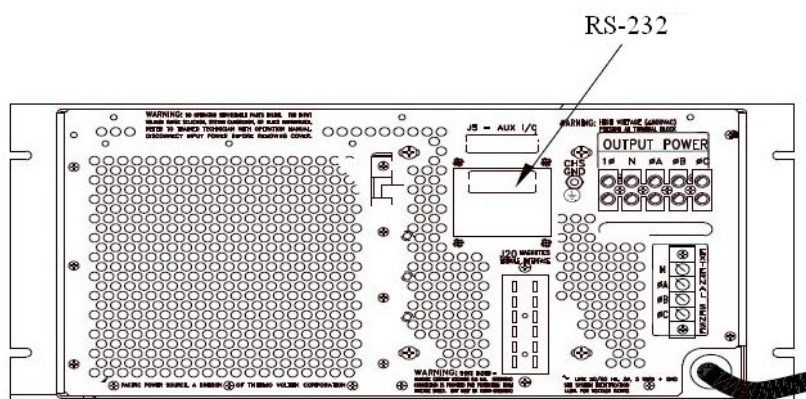
Zadání:

1. Nastavte komunikaci mezi výkonovým zdrojem 345-ASX a PC/Notebookem.
2. Zapojte obvod dle obrázku č.6.
3. Nastavte výkonový zdroj ASX-345 a proved'te měření.
4. Postupně měňte druhy zátěží(odporová, odporově-induktivní, odporově-kapacitní).
5. Pomocí výkonového zdroje a programu UPC Studio změřte průběhy fázových napětí, proudů a dále proudové spektrum fázových proudů.
6. Vypracujte protokol dle požadavků vedoucího.

Teoretický rozbor

Nastavení komunikace mezi výkonovým zdrojem ASX-345 a PC pomocí sériového rozhraní

Před samotným nastavováním komunikace je nejprve nutné zdroj připojit k PC/Notebooku pomocí standardního sériového kabelu zakončeném konektorem typu DB-25. Port zdroje pro připojení kabelu je umístěn na jeho zadní straně, jak lze vidět na obr.1. Pokud PC/Notebook není tímto portem vybaven, je nutné použít například převodník ExpressCard/Sériový port nebo USB/Sériový port.



Obr.1: Umístění sériového portu zdroje 345-ASX


Po propojení zdroje s PC/Notebookem je dále nutné nastavit parametry samotného přenosu. Nejprve nastavte parametry v jednotce zdroje UPC.

Postup nastavení přenosu UPC jednotky:

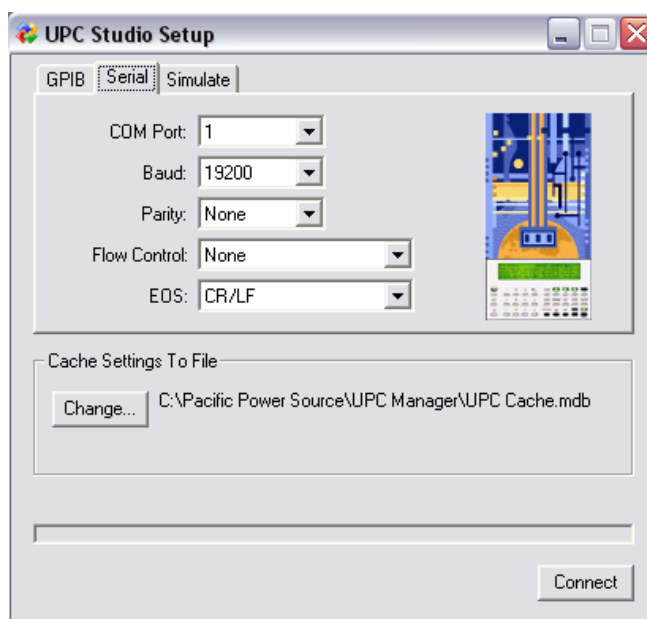
- Stisknout tlačítko „fn“, poté zvolte „GENERAL SETUP“ a následně „UPC STATUS“.
- Zmáčknout tlačítko „EDIT“ a napsat hodnotu 19200 Baudů. Hodnotu potvrďte stisknutím tlačítka „ENTER“.
- Zvolit položku „PARITY“ pro nastavení parity přenosu. Vícenásobným stisknutím tlačítka „+/-“ zvolte možnost „None“. Výběr potvrdit stisknutím tlačítka „ENTER“.
- Dále zvolit položku „EOS“. Vícenásobným stisknutím tlačítka „+/-“ zvolte možnost „CR/LF“. Výběr potvrďte stisknutím tlačítka „ENTER“.
- Nastavení uložte tlačítkem „STORE“.

Po nastavení UPC jednotky se přejde k nastavení přenosu PC/Notebooku. Zařízení musí mít správně nainstalován program UPC Manager obsahující program UPC Studio, se kterým se bude dále pracovat.

Postup nastavení přenosu PC/Notebooku:

- V případě použitého převodníku (USB -PCI/Sériový port) je nutné zkontrolovat nastavení samotného portu v systémovém správci zařízení. Port nastavit na stejné parametry, jako byly zvoleny při nastavování UPC jednotky.
- Dále spustit program UPC Manager a zvolíme v něm otevřít program UPC Studio tlačítkem .
- Nastavení přenosu v UPC Studiu popisuje následující obrázek. Z horní lišty vybrat záložku „Serial“ a vyplnit všechny potřebné parametry přenosu.

Pozn.: UPC Manager je možno spustit pouze v systémech Windows 98/ME/2000/XP. UPC Studio pak v systémech Windows 2000/XP.

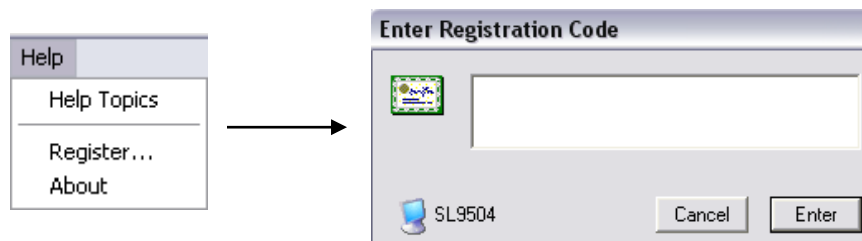


Obr.2: Nastavení sériové komunikace v prostředí UPC Studio

Po vykonání všech zmíněných kroků stiskněte tlačítko UPC Studia „Connect“ a zdroj přejde do režimu dálkového ovládání. Úspěšné připojení PC/Notebooku bude značit otevření hlavní nabídky UPC Studia a dále se na displeji jednotky zdroje UPC zobrazí text „LOCAL LOCKOUT STATE ACTIVE“. Připojení bude taktéž indikovat rozsvícená LED dioda „Remote“.

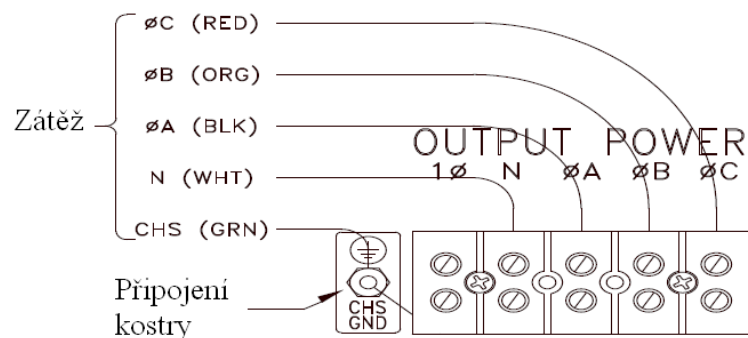
Pozn.: Po nainstalování programu UPC Manager/Studio bude uživatel při prvotním nastavení komunikace mezi zdrojem a UPC Studií vyzván zadat registrační kód studia. Tento kód byl obdržén po registraci kopie UPC Studia u firmy Pacific Power Source. Po vyplnění dotazníku na internetové stránce „<http://www.pacificpower.com/English/Products/Register-UPC-Form.aspx>“ obdrží uživatel na svou emailovou adresu tento kód. Do položky v dotazníku „UPC serial number“ je nutno napsat sériové číslo UPC jednotky ve zdroji. To je ST=9698-1.

Po obdržení kódu se přejde k registraci zmáčknutím záložky „Help“ v hlavním menu programu UPC Manager. Do otevřené konzole je nutno kód vložit a potvrdit tlačítkem „Enter“. Tím je registrace dokončena.



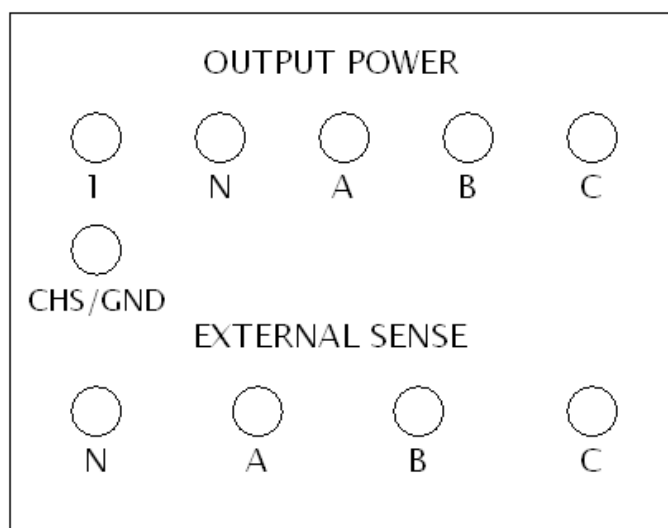
Obr.3: Registrace UPC Studia

Připojení 3-fázové zátěže k výstupní svorkám zdroje.



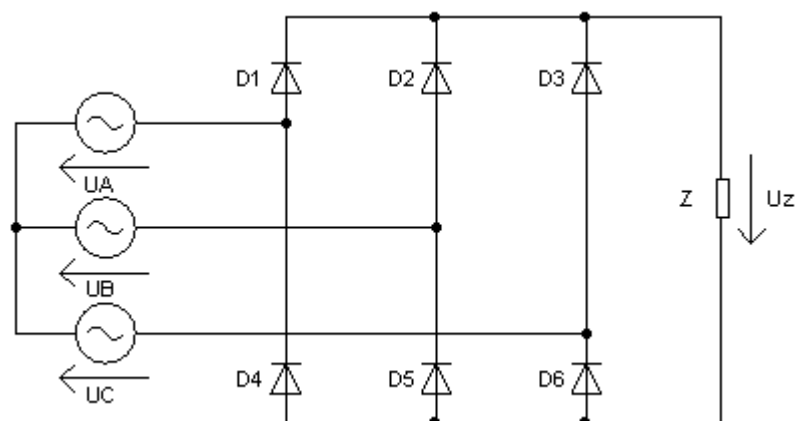
Obr.4: Připojení 3-fázové zátěže k výstupním svorkám zdroje

Z důvodu špatně přístupných výstupních svorek, které jsou umístěny na zadní straně zdroje, byly tyto svorky vyvedeny pomocí kabelů do propojovací krabice umístěné mimo výkonový zdroj. To umožňuje pohodlné připojování jakéhokoli typu zátěže, aniž by musel uživatel jakkoliv se zdrojem manipulovat. Do krabice byly rovněž vyvedeny měřicí body zdroje „External Sense“.



Obr.5: Propojovací krabice

Schéma zapojení



UA, UB, UC – Fázová napětí zdroje

D1-D6 – Diody

Z – Zátěž

Obr.6: Schéma zapojení měřicího stanoviště

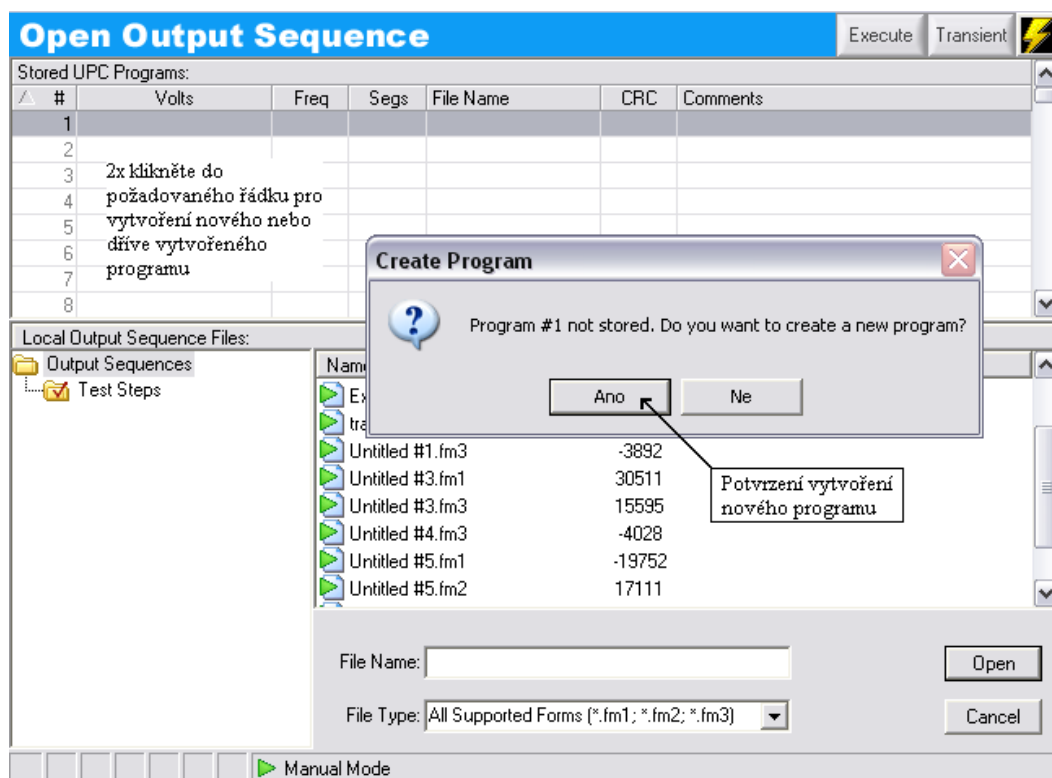
Postup měření

Po zapojení obvodu dle výše uvedeného schématu je nutné vhodně nastavit operační programy zdroje 345-ASX. Pomocí návodu v teoretickém rozboru přejděte se zdrojem do režimu dálkového ovládání a spusťte program UPC Studio.

Vytvoření operačního programu zdroje pro měření



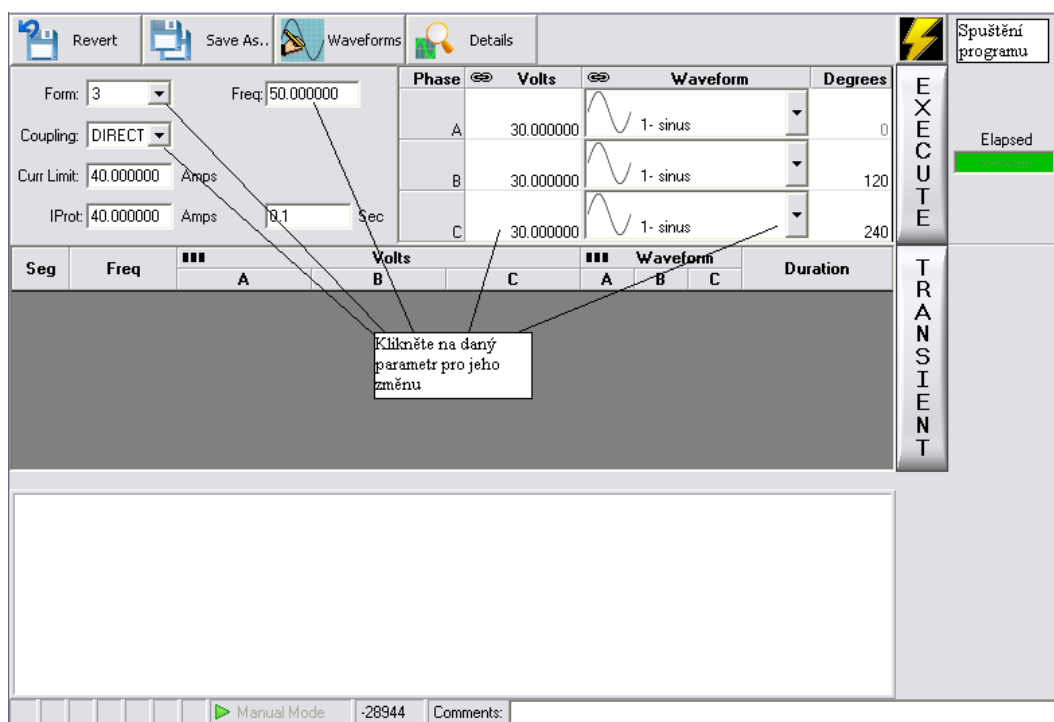
Pro vytvoření programu klikněte na ikonu správce programů UPC.



Obr.7: Vytvoření nového programu

Pokračujte nastavením parametrů programu:

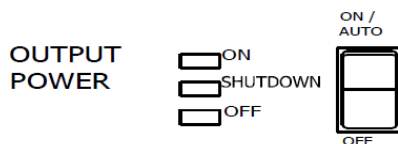
- Form – 3 (3-fázové napětí).
- Couplig – DIRECT – nastavení přímé vazby bez použití výstupního transformátoru.
- Waveform – Klinutím na průběh vyberte ze seznamu průběh č.1.-sinus.
- Napětí nastavte na hodnotu 30V s fázovým posunem 0, 120, 240 stupňů.



Obr.8: Nastavování parametrů daného programu

Po vhodném nastavení stiskněte tlačítko „Save as“ a program uložte do paměti UPS.

Po správném připojení zátěže ke zdroji přepněte bezpečnostní spínač na čelním panelu zdroje do polohy ON/AUTO.



Obr.9: Bezpečnostní spínač zdroje




Tím je zdroj nastaven. Tlačítkem „Blesku“ v pravém horním rohu obr.8 dojde k přivedení požadovaného napětí na výstupní svorky zdroje.

Měření veličin



V okně UPC Studia zmáčkněte toto tlačítko pro zobrazení měřicího multimetru.

Pro následující měření v multimetru zobrazte:

- Aktuální hodnoty měřených veličin. Pro jejich zobrazení stiskněte ikonu  .
- Průběhy fázových napětí a proudů. Pro jejich zobrazení stiskněte ikonu  .
- Proudovou analýzu. Pro její zobrazení stiskněte ikonu  .

Před každým zaznamenáním parametrů nebo průběhů stiskněte tlačítko získání nejnovějších hodnot



Příloha č. III: Zhotovená propojovací krabice

